

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**А. И. Вилькоцкий, Н. И. Жарков,
С. Э. Бобровский**

ИНЖЕНЕРНАЯ И МАШИННАЯ ГРАФИКА

Рекомендовано
учебно-методическим объединением высших учебных заведений
Республики Беларусь по химико-технологическому образованию
в качестве учебно-методического пособия для студентов
высших учебных заведений, обучающихся по специальностям
1-48 01 01 «Химическая технология неорганических веществ,
материалов и изделий», 1-48 01 02 «Химическая технология
органических веществ, материалов и изделий»,
1-48 01 04 «Технология электрохимических производств»,
1-48 02 01 «Биотехнология»

Минск 2009

УДК 744+004.92(075.8)
ББК 30.11+32.98я73
В 46

Рецензенты:
кафедра инженерной графики и САПР БГАТУ
(зав. кафедрой канд. пед. наук, доц. *О. В. Ярошевич*),
канд. пед. наук, доц., зав. кафедрой инженерной
графики БГУИР *А. В. Столер*

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или ее части не может быть осуществлено без разрешения учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Вилькоцкий, А. И.

В 46 Инженерная и машинная графика : учеб.-метод. пособие для студентов специальностей 1-48 01 01 «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий», 1-48 01 02 «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий», 1-48 01 04 «Технология электрохимических производств», 1-48 02 01 «Биотехнология» / А. И. Вилькоцкий, Н. И. Жарков, С. Э. Бобровский. – Минск : БГТУ, 2009. – 235 с.
ISBN 978-985-434-919-0.

В учебно-методическом пособии в соответствии с программой изложены методы проецирования, позволяющие строить изображения пространственных геометрических образов на плоскости, некоторые способы решения основных задач на чертеже, правила изображения деталей на чертеже. Даны индивидуальные задания для практических занятий и самостоятельной работы студентов.

УДК 744+004.92(075.8)
ББК 30.11+32.98я73

ISBN 978-985-434-919-0

© УО «Белорусский государственный технологический университет», 2009
© А. И. Вилькоцкий, Н. И. Жарков,
С. Э. Бобровский, 2009

ВВЕДЕНИЕ

Любая машина, прибор состоят из деталей, соединенных между собой, которые могут отличаться друг от друга формой, размерами и технологическим процессом их изготовления. Одни детали делают из листового материала, другие – из сортаментного и фасонного проката, третьи получают литьем, горячей штамповкой и т. д.

Применяют самые различные способы соединения деталей: разъемные – соединения на резьбе (болтовые, винтовые, шпилечные, свинчиванием) и шпоночные; неразъемные – соединения на заклепках, а также полученные методами пайки, сварки, запрессовки, опрессовки, склеивания, сшивания и др.

При сборке или разборке какой-нибудь машины легко заметить, что одни детали можно просто отвернуть, другие – разъединить при снятии крепежных изделий, например болтов или винтов, третьи – снять в виде целой группы соединенных между собой сборочными операциями деталей, представляющей сборочную единицу. Если соединение деталей разъемное, то сборочную единицу, в свою очередь, можно разобрать на отдельные детали.

Изготовление всех деталей, как простых, так и сложных, а также сборочных единиц и изделий в целом выполняется по технологическим и операционным картам, составленным на основе чертежей.

Без чертежей невозможно современное производство. Для изготовления даже самой простой детали потребовалось бы подробное словесное описание ее формы и размеров, шероховатости поверхностей и т. д.

Такое описание значительно сократится и станет яснее, если мы добавим наглядное изображение этой детали.

Прочитать современный рабочий чертеж изделия (детали, узла) – значит получить полное представление о форме, размерах и технических требованиях к готовому изделию, а также определить по чертежу все данные для его изготовления и контроля.

По чертежу детали выясняют форму и размеры всех ее элементов, назначенный конструктором материал, форму и расположение поверхностей, ограничивающих деталь, и другие данные.

При чтении сборочного чертежа изделия выясняют взаимное расположение составных частей, способы их соединения и другие данные для выполнения сборочных операций.

1. ВИДЫ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И ЕЕ ОФОРМЛЕНИЕ

1.1. Единая система конструкторской документации

Современное производство невозможно без тщательно разработанной конструкторской документации. Она должна, не допуская произвольных толкований, определять, что необходимо изготовить (наименование, величина, форма, внешний вид, используемые материалы и др.). Такое большое значение конструкторской документации потребовало создания правил ее разработки. Одним из видов таких правил является Единая система конструкторской документации (ЕСКД) – комплекс стандартов, устанавливающий правила по разработке и оформлению конструкторской документации.

Чертежи должны быть выполнены правильно и с хорошей техникой оформления.

Под грамотностью необходимо понимать целесообразное и правильное применение положений стандартов для передачи конструктивных и технологических требований, которые должны быть отражены на чертежах.

Под техникой оформления понимают графическую аккуратность, четкость и соответствие стандартам всех линий, условных обозначений и надписей чертежа.

Единообразие графического оформления чертежей регламентируется стандартами:

- 1) линии – ГОСТ 2.303–68;
- 2) форматы – ГОСТ 2.301–68;
- 3) шрифты чертежные – ГОСТ 2.304–81;
- 4) основные надписи – ГОСТ 2.104–68;
- 5) масштабы – ГОСТ 2.302–68.

1.2. Линии чертежа

Стандарт устанавливает начертания и основные назначения линий, применяемых при выполнении чертежей (табл. 1.1). Толщина s сплошной основной линии выбирается в пределах от 0,5 до 1,5 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа. Крупные изображения, вычерчиваемые на больших

форматах, выполняются более толстыми линиями, и наоборот. Выбранная толщина линий должна быть одинаковой для всех изображений, вычерчиваемых в одинаковом масштабе на данном чертеже. На учебных чертежах толщину сплошной основной линии следует применять равной 0,9 мм.

Таблица 1.1

**Наименование, начертание и толщина основных типов
линий по отношению к толщине основных линий**

Наименование	Начертание, толщина линий	Основное назначение
Сплошная основная	 $s = 0,5 - 1,4 \text{ мм}$	Линии видимого контура, видимые линии перехода, линии контура и разрезов
Сплошная тонкая	 от $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Размерные и выносные линии, линии штриховки, линии контура наложенного сечения; полки линий-выносок
Сплошная волнистая	 от $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии обрыва, линии разграничения вида и разреза
Штриховая	 от $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии невидимого контура, невидимые линии перехода
Штрихпунктирная тонкая	 от $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Осевые и центровые линии
Штрихпунктирная тонкая с двумя точками	 от $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии сгиба на развертках, линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных точках
Штрихпунктирная утолщенная	 от $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию; линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция»)
Разомкнутая	 от s до $1,5s$	Линии разрезов и сечений
Сплошная тонкая с изломами	 от $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Длинные линии обрыва

Длину штрихов в штриховых и штрихпунктирных линиях следует выбирать в зависимости от величины изображения. Для большинства изображений, выполняемых в учебных чертежах, длину штрихов штриховой линии принимают равной 4–6 мм, а промежуток между ними 1–1,5 мм.

Длину штрихов в штрихпунктирной линии, применяемой в качестве осевой или центральной, принимают равной 12–20 мм, а промежутков между ними – 2–3 мм. Штрихи в линии должны быть одинаковой длины, промежутки между ними также должны быть равны. Штрихпунктирные линии пересекаются и заканчиваются штрихами, а не точками (рис. 1.1)

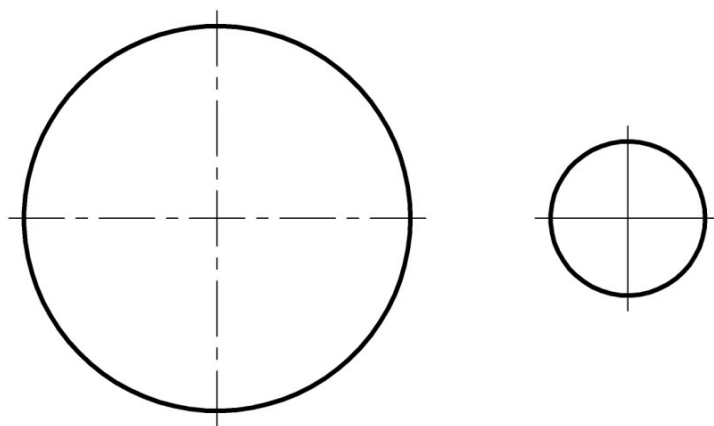


Рис. 1.1

Центр окружности изображают пересечением штрихов, а не точкой. Если диаметр окружности или размеры других геометрических фигур в изображении менее 12 мм, в качестве центровых применяются сплошные тонкие линии. Осевые и центровые линии выходят за контур изображения на 3–5 мм (рис. 1.1).

1.3. Форматы

Чертежным форматом называют размер конструкторского документа. Форматы листов определяются размерами внешней рамки, выполняемой сплошной тонкой линией (рис. 1.2).

За основной принят формат с размерами 1189×841 мм, площадь которого равна 1 м², а также меньшие форматы, получаемые делением каждого предыдущего формата на две равные части линией, параллельной меньшей стороне. Пример разбиения формата А1 дан на рис. 1.3.

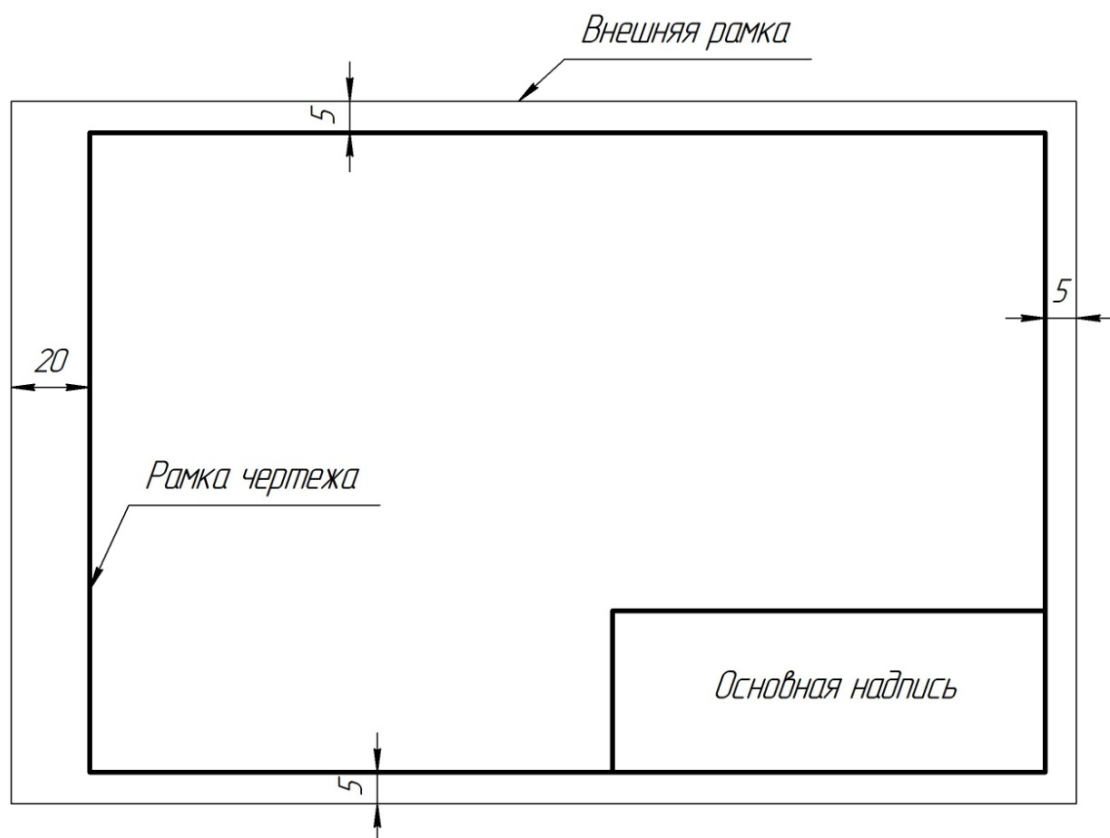


Рис. 1.2

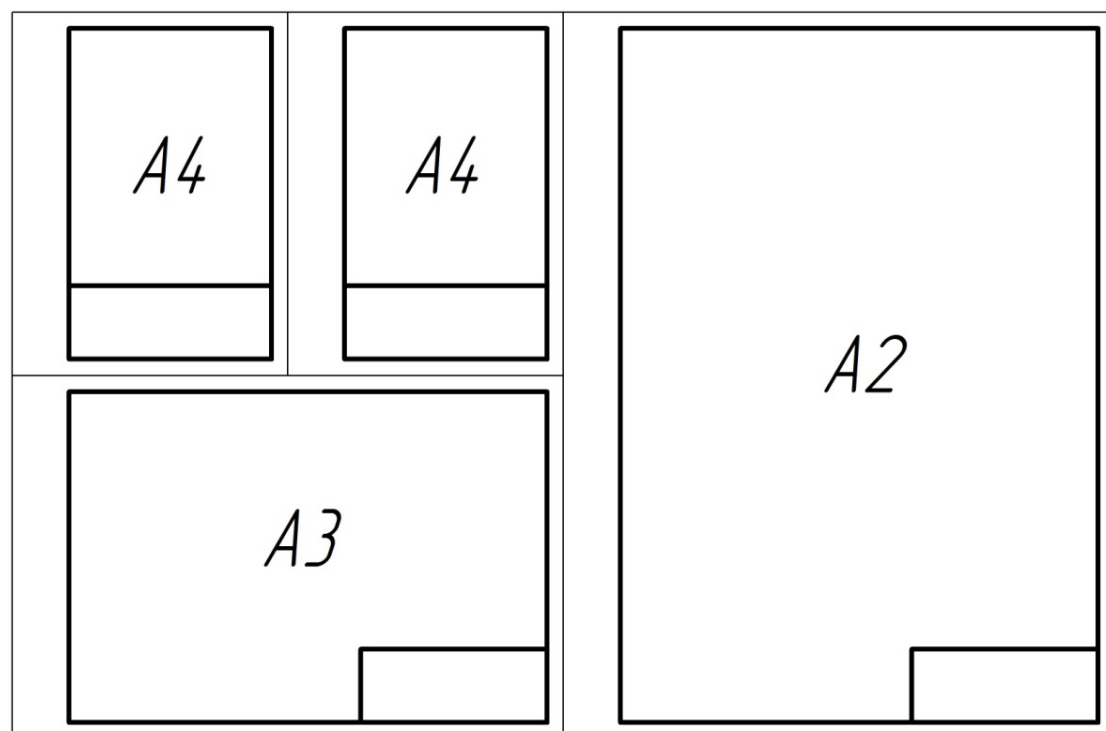


Рис. 1.3

Обозначение и размеры основных форматов приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Размеры основных форматов

Обозначение формата	A0	A1	A2	A3	A4
Размеры сторон формата, мм	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297

При необходимости допускается применять формат A5 с размерами 148×210 мм.

Внутри внешней рамки сплошной линией, равной по толщине основной линии, принятой для обводки чертежа, проводят внутреннюю рамку. Сверху, справа и снизу расстояние между линиями, ограничивающими внутреннюю и внешнюю рамки, принимается равным 5 мм, слева – 20 мм.

Дополнительные форматы образуются увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам. Обозначение производного формата составляется из обозначения основного формата и его кратности (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Обозначения основных и дополнительных форматов

Кратность	A0	A1	A2	A3	A4
2	1189×1682	—	—	—	—
3	1189×2523	841×1783	594×1261	420×891	297×630
4	—	841×2378	594×1682	420×1189	297×841
5	—	—	594×2102	420×1486	297×1051
6	—	—	—	420×1783	297×1261
7	—	—	—	420×2080	297×1471
8	—	—	—	—	297×1682
9	—	—	—	—	297×1892

Выполнение чертежа начинается с определения необходимого формата и его оформления. Формат следует выбирать так, чтобы чертеж был ясным, четким, изображения достаточно крупными, надписи и условные обозначения удобочитаемыми.

Не следует надписи и изображения приближать к рамке формата ближе чем на 5–10 мм.

Формат не должен быть излишне велик. Значительные пустоты не допускаются. Исходя из общих требований к оформлению чертежей, можно рекомендовать такую последовательность определения оптимального формата для чертежа:

1. Выбрать масштаб изображения, определить число изображений (виды, сечения, разрезы) и их расположение, а также учесть место для основной надписи, расстановку размеров, расположение технических требований и технической характеристики.

2. Определить рабочее поле чертежа, т. е. той части формата чертежа, которая отводится непосредственно для изображений. Расчет рабочего поля заключается в определении охватывающего изображения контура. Необходимо, чтобы рабочее поле составляло 70–80% площади всего чертежа.

1.4. Шрифты

На всех чертежах и в других технических документах применяют стандартные шрифты русского, латинского и греческого алфавитов, арабские и римские цифры и специальные знаки. Параметры этих шрифтов определяются ГОСТ 2.304–81. Эти шрифты отличаются четкостью, простотой исполнения и обеспечивают высокое качество получения копий.

Начертание букв должно соответствовать рис. 1.4



Рис. 1.4

Размер шрифта характеризуется высотой h прописных букв в миллиметрах. Установлены следующие его размеры: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40 мм.

На чертежах, выполненных карандашом, размер шрифта должен быть не менее 3,5 мм. Можно использовать шрифты или без наклона, или с наклоном около 75° к основанию строки. В последнем случае размер шрифта измеряется также по перпендикуляру к основанию строки.

Перед нанесением надписей рекомендуется выполнить на чертеже разметку в виде сетки из тонких параллельных линий, проведенных на расстоянии h (высоты шрифта) друг от друга, и нескольких линий, задающих наклон шрифта, т. е. расположенных под углом 75° к первым линиям.

Нельзя, чтобы расстояние между словами было меньше ширины одной буквы шрифта данного размера. Толщина обводки букв и цифр должна составлять примерно $s/2$ (половину толщины основной линии).

Пример выполнения надписей чертежным шрифтом дан на рис. 1.5.

					БГТУ 011205. 003			
Изм./лист	№ докум	Подп.	Дата	Корпус		Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Иванов							1:1
Проб.	Сидоров					Лист	Листов	
Н. контр.				Сталь 45 ГОСТ 1050-88		ТОВ 12		
Утв.	Сидоров							

Рис. 1.5

Необходимо, чтобы принятые размеры надписей были одинаковыми для данного чертежа.

1.5. Основная надпись чертежа

Основную надпись помещают в правом нижнем углу чертежа. На форматах А4 она может быть расположена только вдоль короткой стороны листа, на других форматах – как вдоль короткой, так и вдоль длинной стороны листа.

ГОСТ 2.104–68 устанавливает формы основных надписей на чертежах. В частности, для чертежей и схем применяется форма 1 (рис. 1.6), а для текстовых конструкторских документов первого и заглавного листа – форма 2 (рис. 1.7). Для последующих листов чертежей и схем применяю форму 2а (рис. 1.8).

					БГТУ 011205. 003			
Изм./лист	№ докум	Подп.	Дата	(1) Корпус		Лист (4)	Масса (5)	Масштаб (6)
Разраб.	Иванов					5	5	17
Проб.	Сидоров					5	5	18
Н. контр.				(3) Сталь 45 ГОСТ 1050-88		Лист (7) 20		Листов (8) (9)
Утв.	Сидоров							

Рис. 1.6

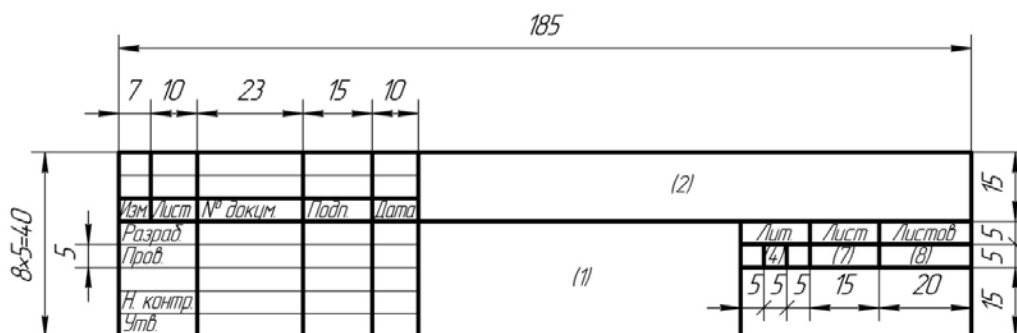


Рис. 1.7

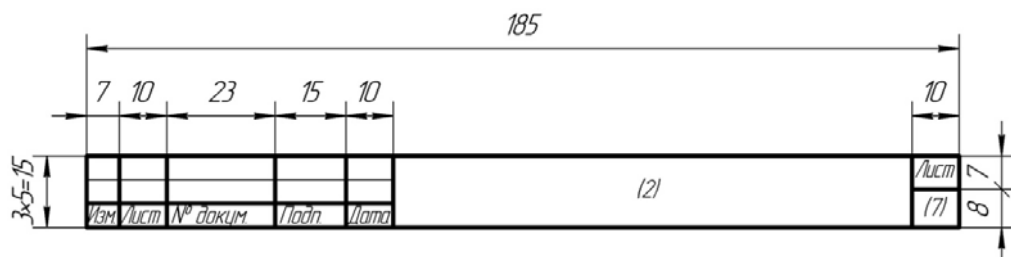


Рис. 1.8

В основной надписи (на рис. 1.6–1.8 номера граф даны в скобках) указывается:

- графа 1 – наименование изделия (например, *Вал*);
- графа 2 – обозначение технического документа (например, *БГТУ 010203. 004*);
- графа 3 – обозначение материала, данную графу заполняют только для чертежей деталей (например, *Сталь 20 ГОСТ 1050-88*);
- графа 4 – литера, присвоенная данному документу по ГОСТ 2.103-68 (графу заполняют последовательно, начиная с крайней левой клетки, например, литера *о* означает «опытный образец», «опытная партия», литера *у* – «учебный чертеж»); при этом заметим, что литера *у* стандартом не предусмотрена, но широко используется в технических учебных заведениях;
- графа 5 – масса изделия (например, *0,7 кг*);
- графа 6 – масштаб изображения предмета на чертеже (например, *1 : 1*); проставляется в соответствии с ГОСТ 2.302-68;
- графа 7 – порядковый номер листа (например, *1*, а если чертеж выполнен на одном листе, то графа не заполняется);
- графа 8 – общее количество листов документа (графу заполняют только на первом листе);
- графа 9 – наименование предприятия, выпустившего данный чертеж.

1.6. Масштабы

Масштабом называется отношение линейных размеров изображения предмета на чертеже к его действительным размерам.

На чертеже детали предпочтительно выполнять в натуральную величину, так как по такому изображению легко представить их форму и действительные размеры. Но не все детали на чертеже могут быть изображены данным образом. Одни детали по своим размерам очень велики, а другие слишком малы. Поэтому изображение одних деталей на чертежах приходится уменьшать в определенное число раз по отношению к их действительной величине, а изображения других деталей – увеличивать, т. е. применять *масштабное изображение*.

ГОСТ 2.302–68 устанавливает масштабы изображений и их обозначение на чертежах:

- масштабы уменьшения: $1 : 2$; $1 : 2,5$; $1 : 4$; $1 : 5$; $1 : 10$; $1 : 15$;
 $1 : 20$; $1 : 25$; $1 : 40$; $1 : 50$; $1 : 100$
- натуральная величина: $1 : 1$
- масштабы увеличения: $2 : 1$; $2,5 : 1$; $4 : 1$; $5 : 1$; $10 : 1$; $15 : 1$;
 $20 : 1$; $40 : 1$; $50 : 1$; $100 : 1$

На чертеже проставляют те размеры, которые имеет изделие в натуральную величину, независимо от того, вычерчено оно в масштабе уменьшения или увеличения.

Если все проекции на чертеже выполнены с применением одного масштаба, то он записывается в основной надписи и обозначается по типу $1 : 1$, $2 : 1$ и т. д.

Если какое-либо изображение на чертеже выполнено в масштабе, отличающемся от указанного в основной надписи, то над этим изображением указывают его условное обозначение, а в скобках записывают значение масштаба.

2. ИЗОБРАЖЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ НА ЧЕРТЕЖАХ

Изображения предметов на чертежах выполняют по методу прямоугольного (ортогонального) проецирования, при этом предмет находится между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций. Правила изображения предметов на чертежах установлены стандартом (ГОСТ 2.305–68). За *основные плоскости проекций* принимают шесть граней пустотелого куба, предмет располагается внутри него. Предмет проецируют на внутренние стороны граней куба. Разрезая куб по ребрам, совмещают его грани вместе с полученными на них изображениями с задней гранью куба – фронтальной плоскостью проекций (рис. 2.1). В результате получают чертеж, на котором проекции предмета на внутренних сторонах граней куба оказываются расположенными в закономерной последовательности, которая показана на рис. 2.2.

Изображение на фронтальной плоскости проекций принимается на чертеже в качестве главного. Для получения неискаженных изображений основные измерения предмета (длину, ширину, высоту) располагают параллельно основным плоскостям проекций.

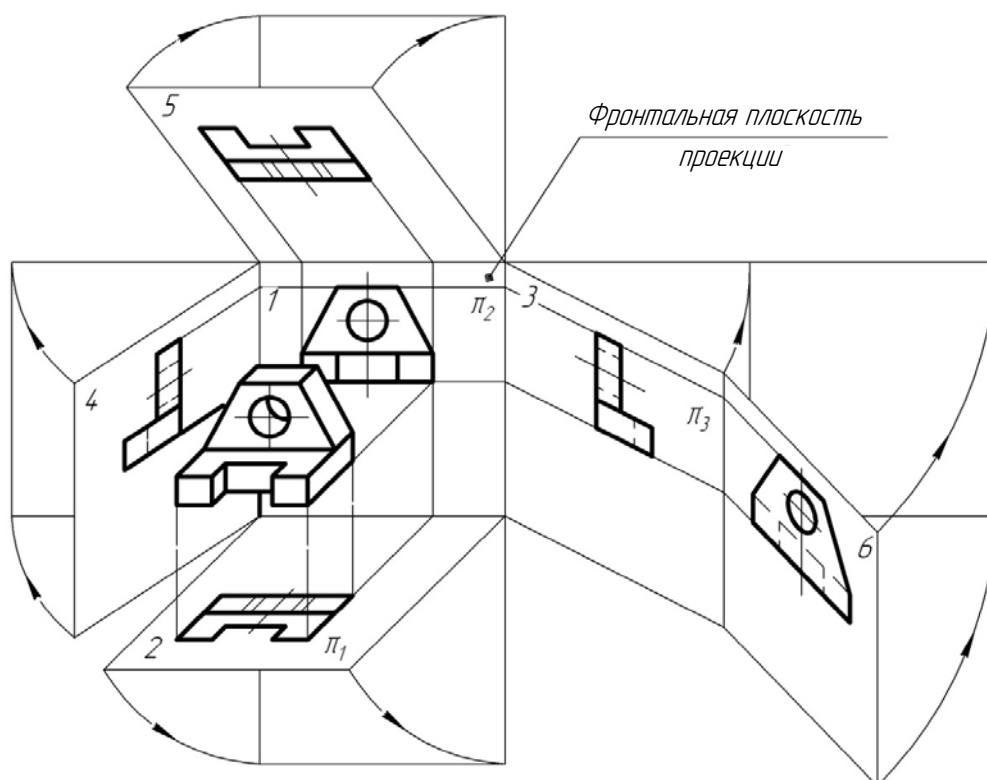


Рис. 2.1

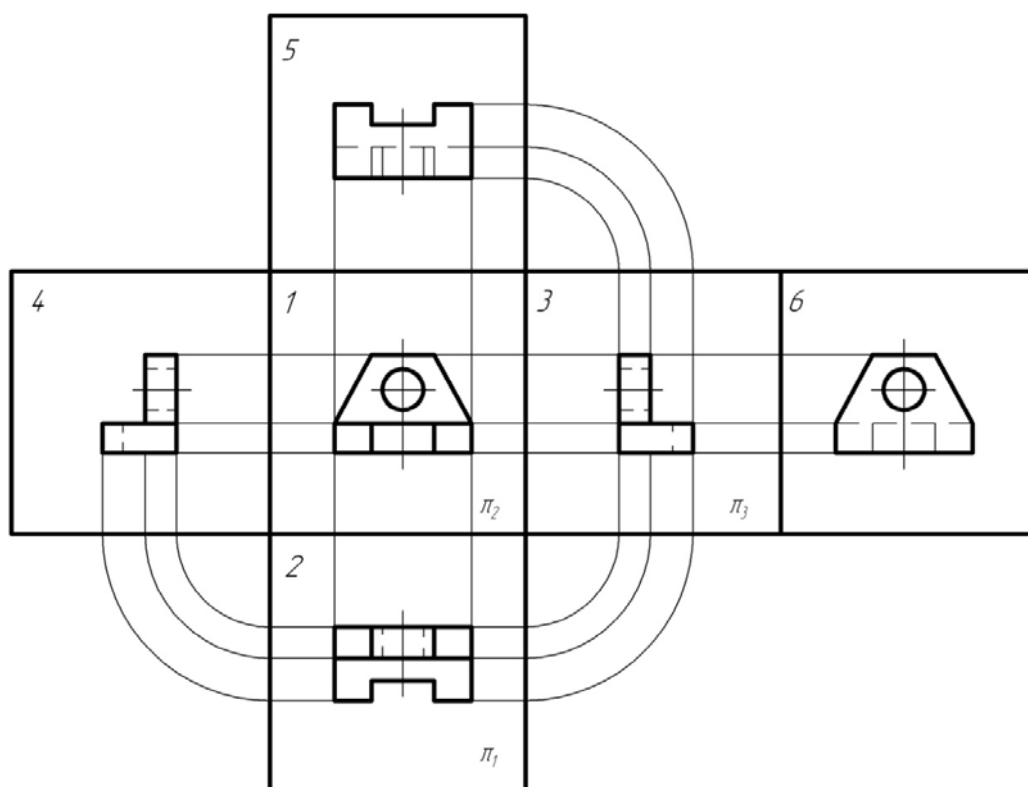


Рис. 2.2

Изображения на чертеже в зависимости от их содержания делятся на виды, разрезы, сечения. Количество изображений (видов, разрезов, сечений) должно быть минимальным, но обеспечивающим полное представление о предмете.

2.1. Виды

Видом называется изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. На видах для уменьшения количества изображений допускается показывать внутреннее строение предмета при помощи штриховых линий. Таким образом, вид является проекцией предмета на соответствующую плоскость (например, главный вид – фронтальная проекция и т. д.). По содержанию виды разделяются на основные, дополнительные и местные.

Основными называются виды, получаемые проецированием на шесть основных плоскостей проекций.

Главным видом называется изображение предмета на фронтальной плоскости проекций, дающее наиболее полное представление о его форме и размерах. Для получения такого изображения необходимо

соответствующим образом расположить предмет относительно фронтальной плоскости проекций. Остальные основные виды располагаются относительно главного вида.

Виды следует располагать в проекционной связи так, как они размещены на рис. 2.2. В этом случае названия видов надписывать не следует.

Надписи над основными видами выполняются в следующих случаях:

1) при нарушении проекционной связи, т. е. когда виды сверху, слева, справа, снизу, сзади смещены относительно главного изображения, например, как на рис. 2.3;

2) если виды сверху, слева, справа, снизу, сзади отделены от главного изображения другими изображениями или расположены не на одном листе с ним, например, вид Б (рис. 2.3), который отделен от главного вида разрезом.

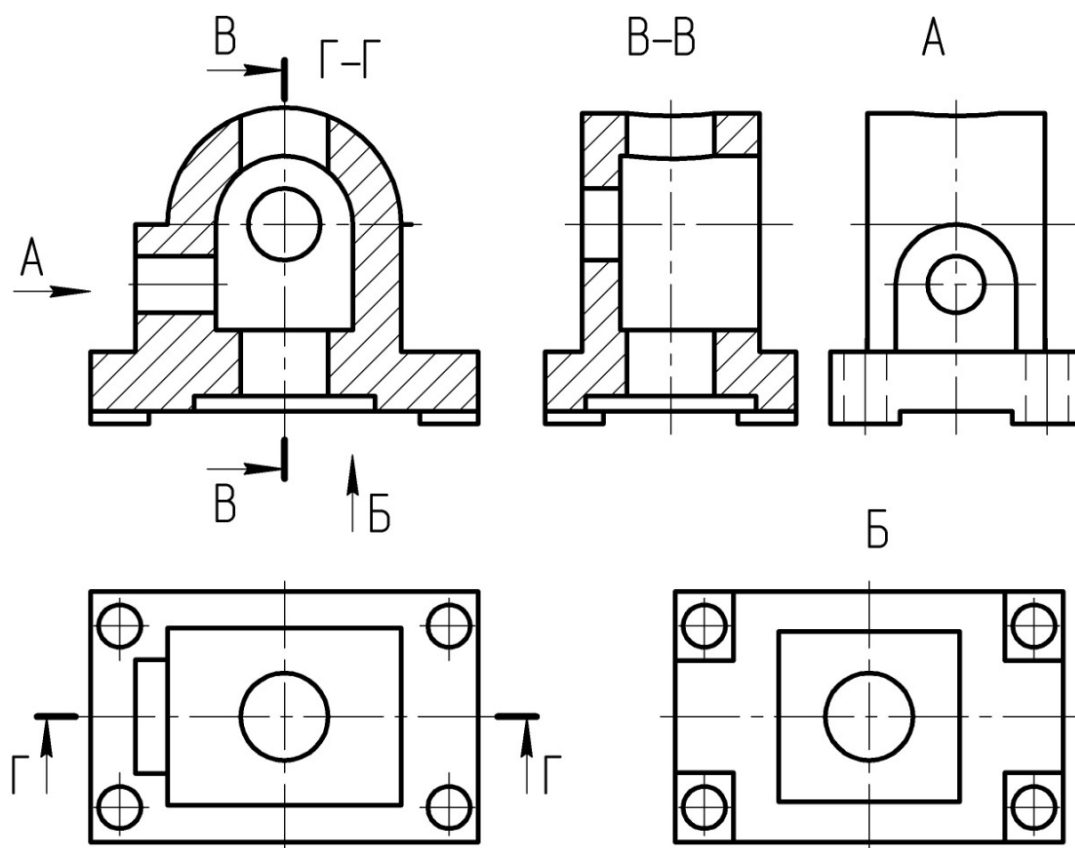


Рис. 2.3

Обозначение на чертеже изображений (видов, разрезов, сечений) выполняют прописными буквами русского алфавита в алфавитном

порядке без повторения и, как правило, без пропусков, независимо от количества листов чертежа. Исключение составляют буквы Й, О, Х, Ъ, Ы, Ь.

Размер шрифта буквенных обозначений должен быть больше размера шрифта размерных чисел, применяемых на том же чертеже, примерно в два раза. В большинстве чертежей размерные числа подписываются шрифтом 5, тогда размер шрифта буквенных обозначений – 10. Буквенные обозначения наносят около стрелок, указывающих направление взгляда (направление проецирования). Стрелки должны быть поставлены у соответствующего изображения, связанного с выполняемым видом (рис. 2.3).

Размер стрелки, указывающей направление взгляда, приведен на рис. 2.4. Когда отсутствует изображение, на котором можно показать направление взгляда, название вида подписывают (рис. 2.5).

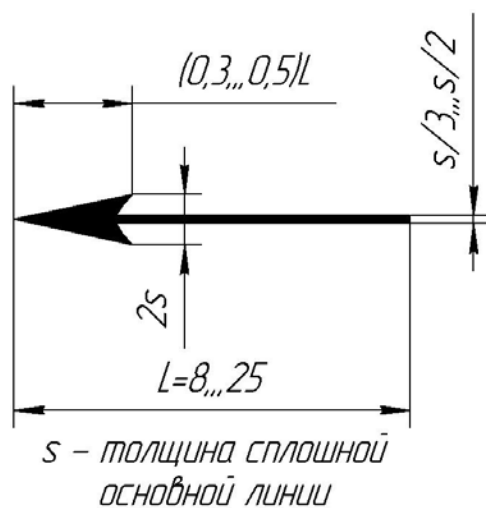


Рис. 2.4

Дополнительным видом называют изображение видимой части поверхности предмета на плоскостях, которые не параллельны ни одной из основных плоскостей проекций. Дополнительные виды применяются в том случае, когда какую-либо часть предмета невозможно показать на основных видах без искажения формы и размеров, поскольку она наклонена к основным плоскостям проекций и проецируется на них с искажением. Чтобы достигнуть неискаженного изображения, наклоненные к основным плоскостям элементы предмета проецируют на дополнительную плоскость, параллельную им и совмещенную с плоскостью чертежа, т. е. применяют способ замены плоскостей проекций.

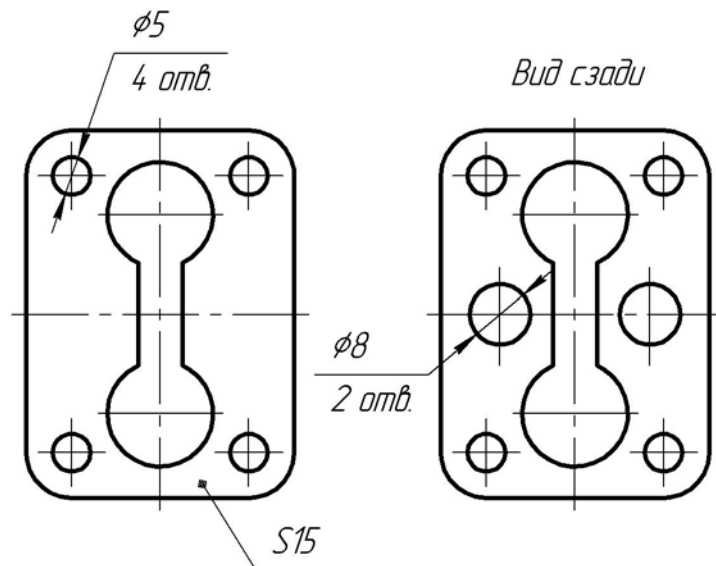


Рис. 2.5

На рис. 2.6 изображена деталь, элемент которой наклонен к горизонтальной плоскости проекций и проецируется на нее с искажением. Для получения неискаженного изображения взамен плоскости π_1 введена дополнительная плоскость α , параллельная наклонному элементу и перпендикулярная к плоскости π_2 (рис. 2.6, б). Дополнительный вид построен в системе α, π_2 .

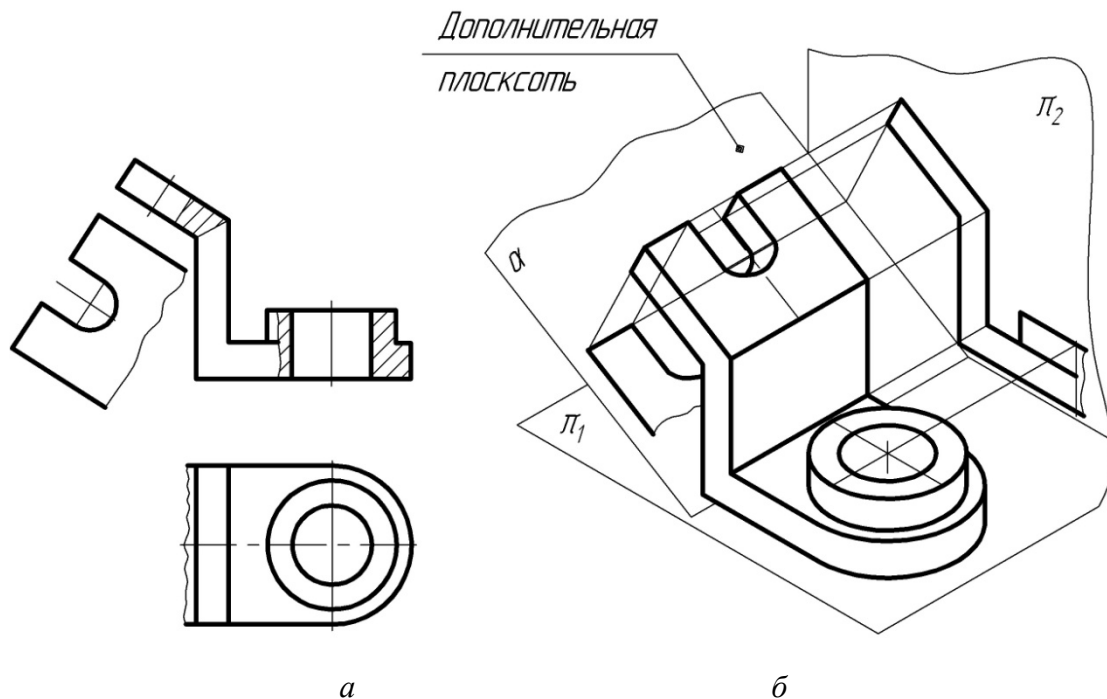


Рис. 2.6

Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, над ним не наносят надписи и не указывают стрелкой направление взгляда (рис. 2.6, *а*). В остальных случаях дополнительный вид отмечается на чертеже надписью типа «Б», а у связанного с дополнительным видом изображения предмета должна быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением. Так, на рис. 2.7 направление взгляда указано стрелкой, обозначенной буквой Б, над дополнительным видом поставлена та же буква. Дополнительный вид может быть расположен по одному из предложенных на рис. 2.7 вариантов, предпочтение отдается первому.

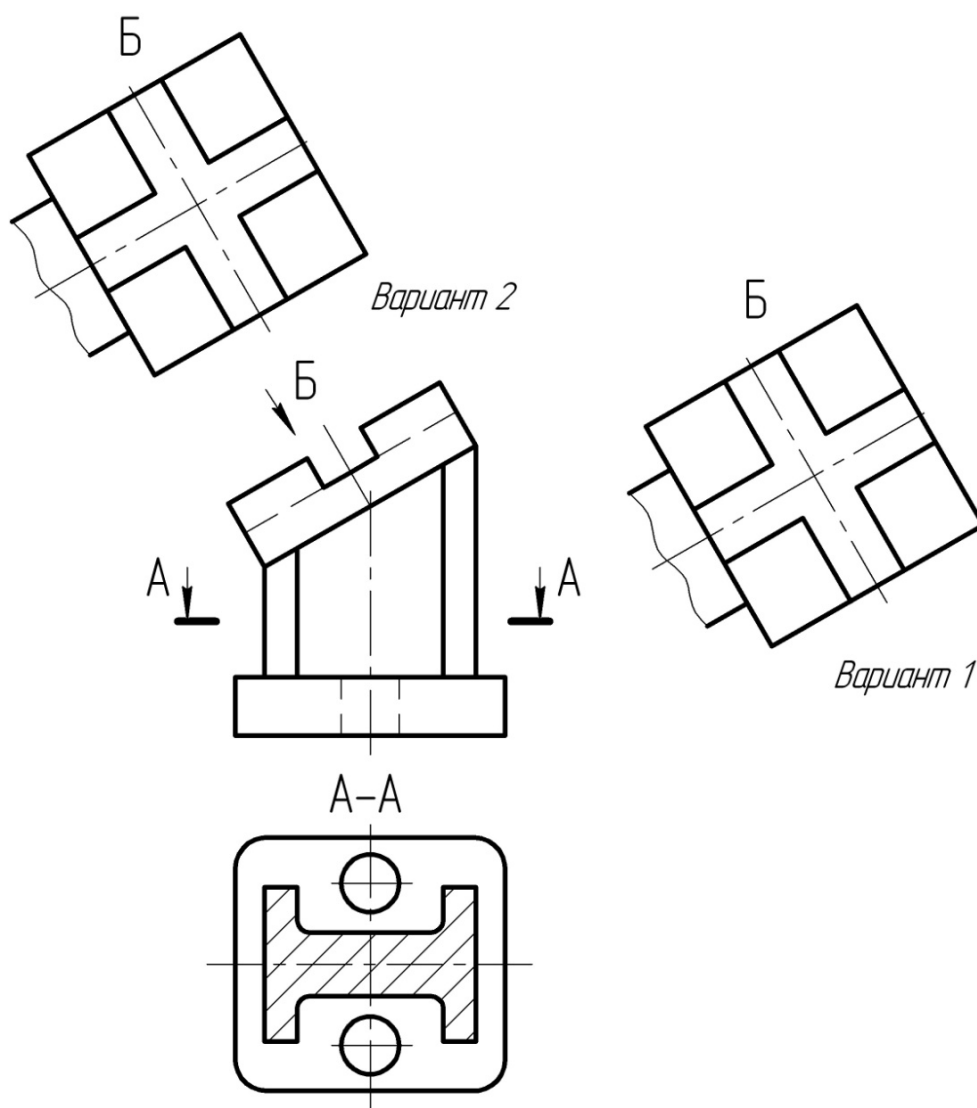


Рис. 2.7

Дополнительный вид можно поворачивать, но с сохранением положения, принятого для данного предмета на главном изображении; при этом к надписи добавляется значок \odot (повернуто) (рис. 2.8).

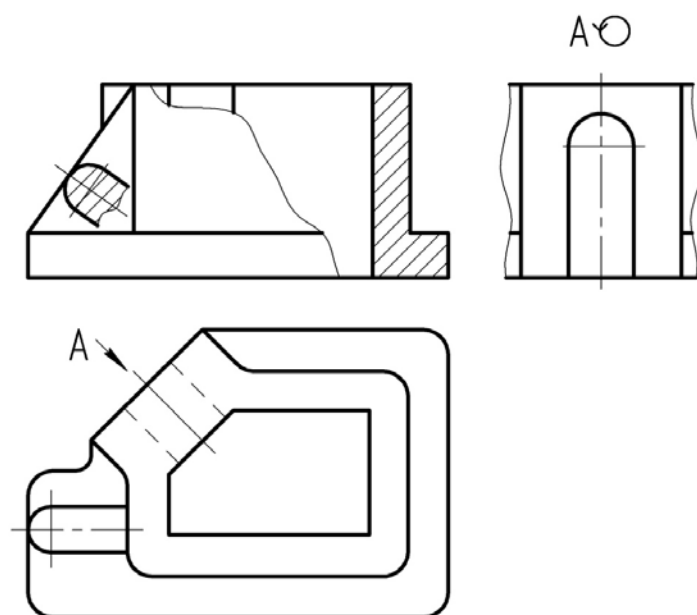


Рис. 2.8

Местным видом называется изображение отдельного ограниченного места поверхности предмета (рис. 2.9).

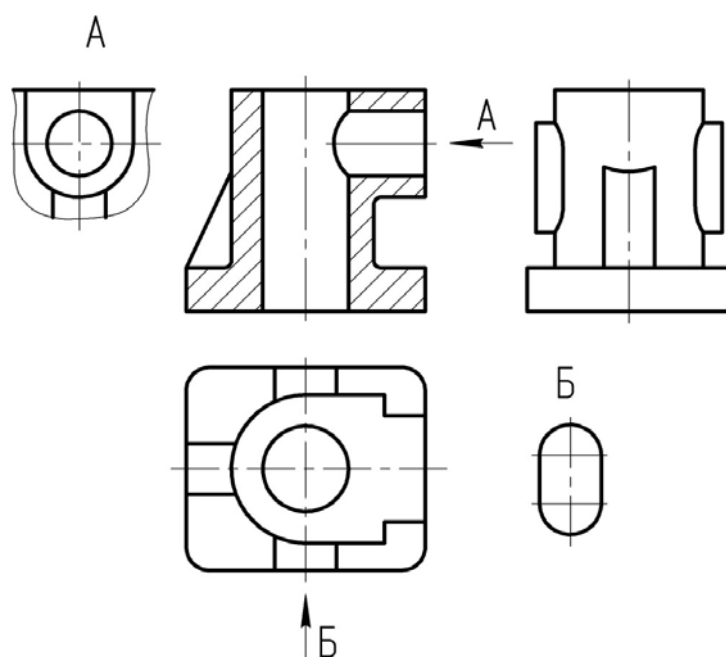


Рис. 2.9

Местный вид может быть ограничен линией обрыва (*А*) по возможности в меньшем размере или не ограничен (*Б*). Местный вид вне проекционной связи должен быть обозначен на чертеже подобно дополнительному виду.

При вычерчивании видов применяют следующие *условности и упрощения*.

Если вид представляет собой симметричную фигуру, допускается вычерчивать половину изображения или немного более половины с проведением в последнем случае линии обрыва (рис. 2.10).

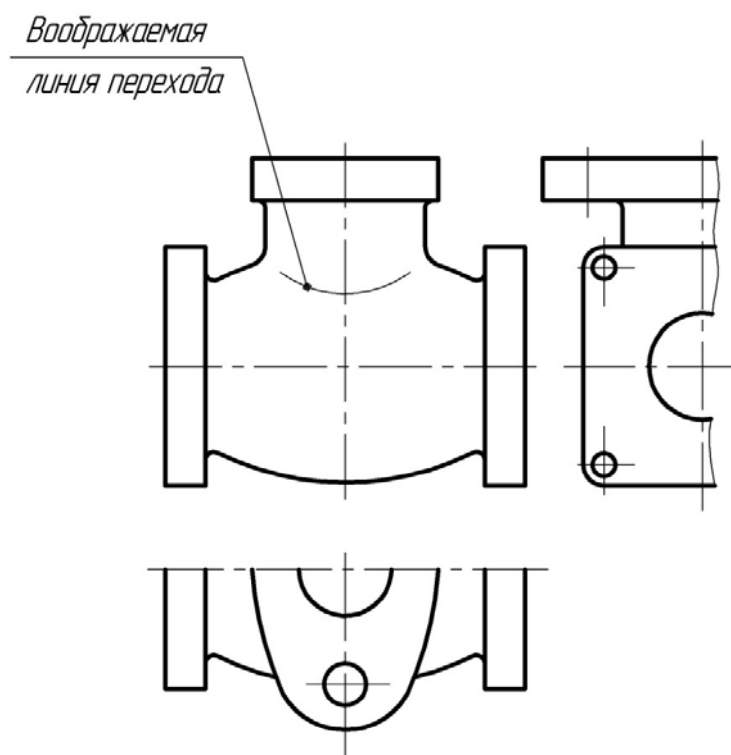


Рис. 2.10

Если предмет имеет несколько одинаковых равномерно расположенных элементов, на изображении полностью показывают один-два таких элемента, а остальные дают упрощенно или условно, например, одно отверстие на виде сверху на рис. 2.3 (см. с. 15).

На изображениях с уклоном или конусностью, отчетливо не выявленными из-за наличия промежуточной поверхности вращения (цилиндрической, тора и др.), проводят только одну линию (сплошную тонкую), соответствующую меньшему размеру элемента с уклоном или меньшему основанию конуса (рис. 2.11, *а*, *б*). Допускается незначительную конусность или уклон показывать с увеличением.

Воображаемые линии перехода изображаются сплошной тонкой линией (рис. 2.10). Плавный переход от одной поверхности к другой показывается условно или совсем не показывается (рис. 2.11, в).

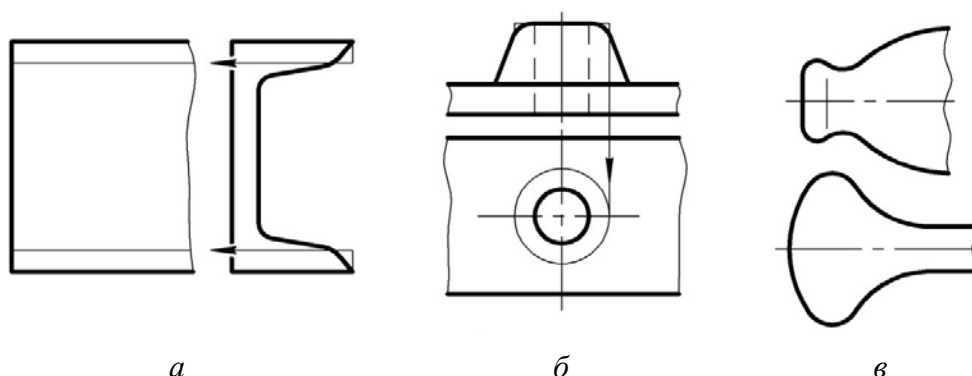


Рис. 2.11

Пластины, а также элементы деталей (отверстия, фаски, пазы, углубления и т. д.) размером (или разницей в размерах) на чертеже 2 мм и менее изображаются с отступлением от масштаба, принятого для всего изображения, в сторону увеличения.

2.2. Разрезы

Разрезы применяются для изображения внутренних, невидимых наблюдателю, поверхностей предметов. Для выявления этих поверхностей предмет условно рассекают плоскостью, называемой секущей, и удаляют часть предмета, находящуюся перед секущей плоскостью. Таким образом становятся видимыми внутренние очертания предмета.

Разрезом называется изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. На разрезе показывается то, что находится в секущей плоскости в результате ее пересечения с поверхностями предмета (сечение, входящее в состав разреза) и что расположено за ней.

На рис. 2.12 показано образование разреза детали. Для выяснения внутренней формы деталь целесообразно рассечь фронтальной секущей плоскостью, проходящей через выемки, расположенные в основании этой детали. Сечение получено в результате пересечения этой плоскости с поверхностями, ограничивающими деталь.

На рис. 2.12 изображены передняя, находящаяся перед секущей плоскостью и мысленно удаляемая, и оставшаяся (проецируемая) части детали. Разрез расположен на фронтальной плоскости проекций,

параллельной секущей плоскости, и представляет собой ортогональную проекцию оставшейся части детали.

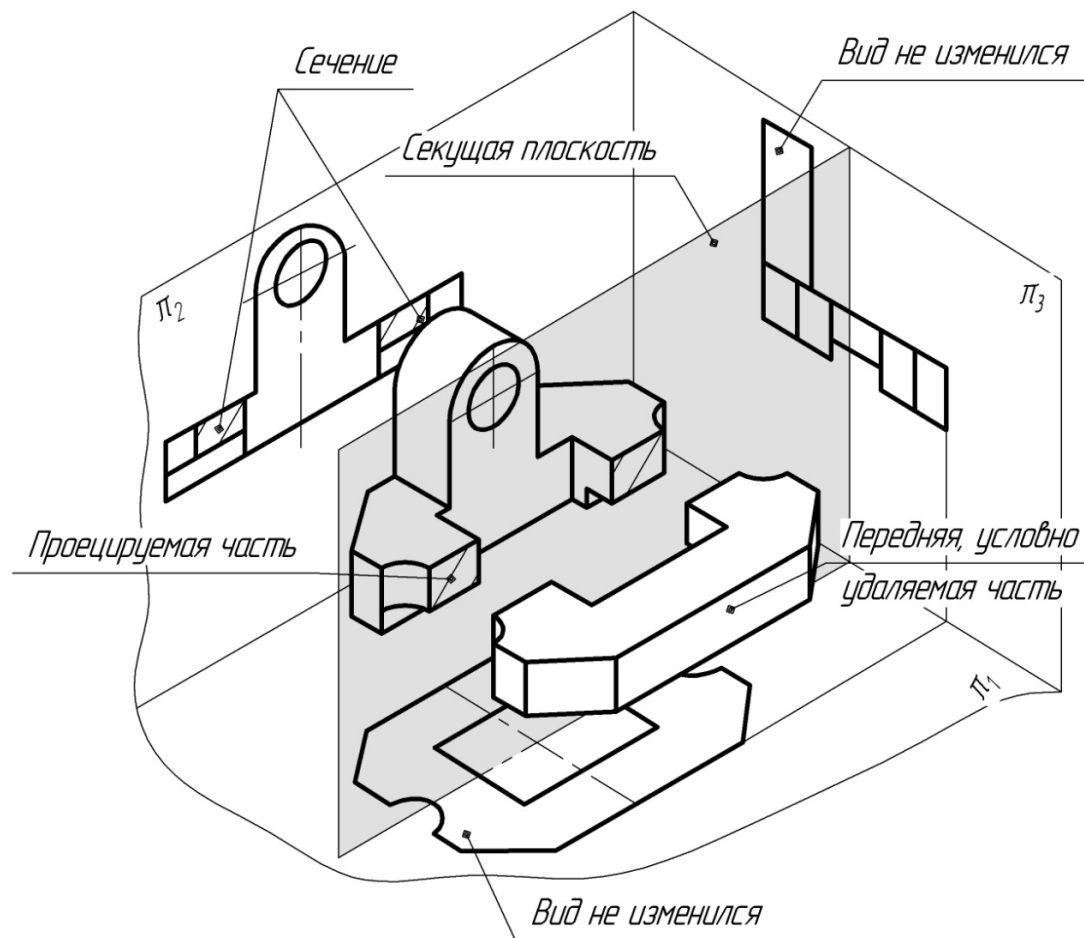


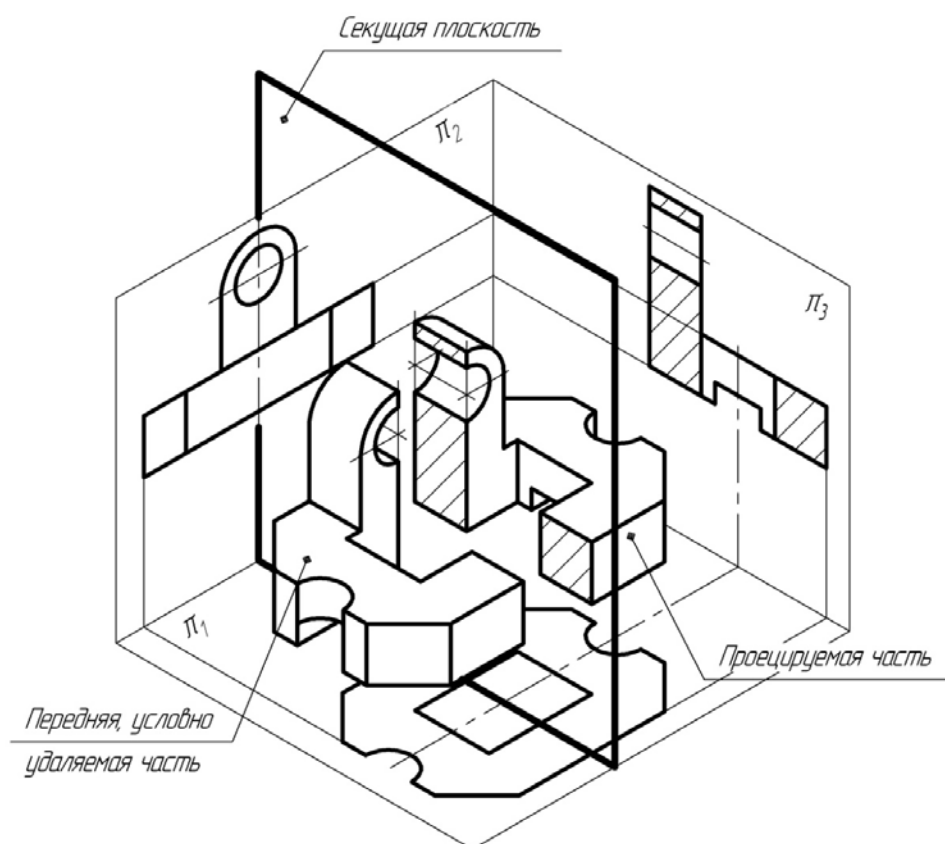
Рис. 2.12

Для получения неискаженных изображений секущая плоскость всегда должна быть параллельна плоскости изображения. Если секущая плоскость непараллельна плоскости изображения, для достижения параллельности следует применять способы преобразования чертежа.

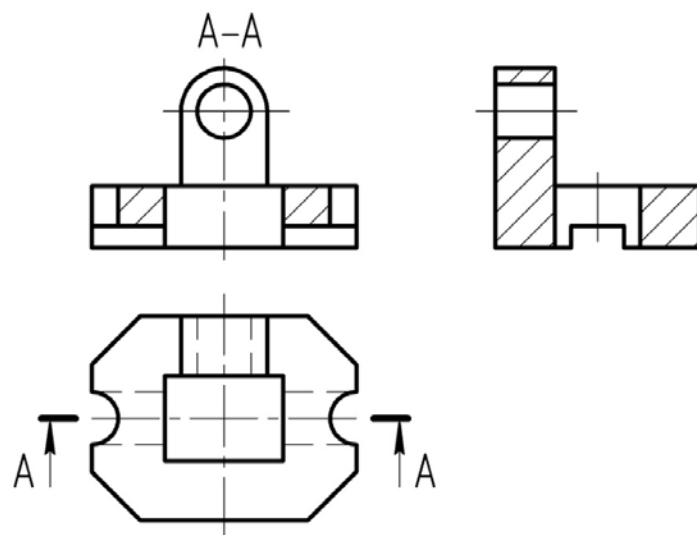
Мысленное рассечение предмета секущей плоскостью относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений (видов, разрезов) того же предмета. Так, на рис. 2.12 виды сверху и слева не изменились оттого, что на месте главного вида выполнен разрез.

Рассмотрим образование еще одного разреза той же детали, выполненного независимо от первого новой секущей плоскостью (профильной), проходящей через ось горизонтального цилиндрического отверстия (рис. 2.13). Разрез расположен на профильной плоскости

проекций, параллельной секущей плоскости. На рис. 2.13, б выполнен чертеж детали с рассмотренными выше разрезами.



а



б

Рис. 2.13

Необходимость выполнения того или иного разреза диктуется формой изображаемого предмета. Положение секущей плоскости выбирается таким, чтобы на разрезе получались неискаженные изображения интересующих нас элементов внутренней формы – выемок, пазов, отверстий, полостей и т. д. Количество разрезов должно быть наименьшим, но обеспечивающим полную ясность внутренней формы изображаемого предмета.

На разрезах можно изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если в этом нет необходимости для понимания конструкции предмета. Обычно это относится к элементам, которые проецируются с искажением, вызывают дополнительные трудности в процессе выполнения чертежа и затрудняют его чтение (рис. 2.14).

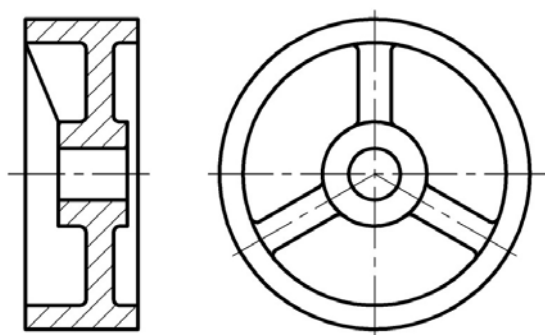


Рис. 2.14

При выполнении разрезов отпадает необходимость проведения штриховых линий, однако полностью от них не отказываются. Штриховые линии проводятся после выполнения всех видов, разрезов, сечений в том случае, если они способствуют прояснению формы и уменьшению количества изображений.

2.2.1. Классификация разрезов

В зависимости от положения секущей плоскости относительно плоскостей проекций разрезы разделяются на горизонтальные, вертикальные и наклонные.

Горизонтальными называются разрезы, выполненные горизонтальной секущей плоскостью (рис. 2.16, см. с. 27).

Вертикальными называют разрезы, выполненные секущей плоскостью, перпендикулярной к горизонтальной плоскости проекций (рис. 2.13, б). Если вертикальный разрез выполнен фронтальной секущей плоскостью, его называют *фронтальным*, профильной секущей плоскостью – *профильным*.

Наклонными называются разрезы, у которых секущая плоскость составляет с плоскостями проекций угол, отличный от прямого (рис. 2.21, см. с. 32).

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяются на простые и сложные. Простые разрезы выполняются одной секущей плоскостью, сложные – несколькими.

Разрезы делятся на продольные и поперечные в зависимости от положения секущей плоскости относительно измерений самого предмета.

Продольными называются разрезы, секущие плоскости которых направлены вдоль длины или высоты предмета (рис. 2.17, см. с. 28).

В *поперечных* разрезах секущие плоскости направлены перпендикулярно к длине или высоте предмета (рис. 2.16, 2.18, см. с. 27, 29).

2.2.2. Обозначение разрезов

Положение секущей плоскости на чертеже указывают разомкнутой линией. Зная положение проецирующих плоскостей, легко понять, что для горизонтальных разрезов линия сечения указывается на главном виде или виде слева, для фронтальных – на виде сверху или слева, для профильных – на главном виде или виде сверху.

Для простых разрезов вычерчиваются начальный и конечный штрихи (рис. 2.13, б), а для сложных – начальный, у перегибов и конечный штрихи (рис. 2.24, а, см. с. 34). Начальный и конечный штрихи линии сечения не должны пересекать контур соответствующего изображения. На этих штрихах перпендикулярно к ним следует ставить стрелки, указывающие направление взгляда. Стрелки наносятся на расстоянии 2–3 мм от конца штриха (рис. 2.15).

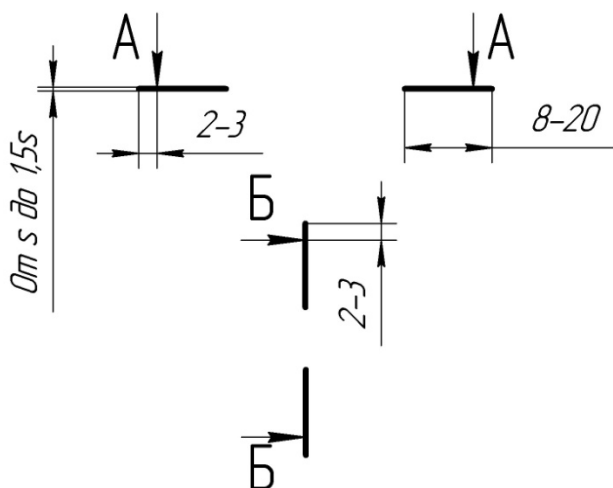


Рис. 2.15

У начала и конца линии сечения, а при необходимости и у перегибов этой линии (для сложных разрезов) ставят одну и ту же прописную букву русского алфавита.

Буквы наносят около стрелок, указывающих направление взгляда, и в местах перегиба (в случае необходимости) со стороны внешнего угла, образованного линией сечения и стрелкой. Располагают их параллельно основной надписи чертежа. Разрезы простые и сложные отмечаются надписью типа «А–А» теми же буквами, что и у линии сечения, написанными над разрезом через тире. Их также располагают параллельно основной надписи чертежа. Размер шрифта буквенных обозначений соответствует параметрам обозначения вида.

Если секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета в целом (его наружной и внутренней формы), а соответствующие изображения расположены на одном и том же листе в непосредственной проекционной связи и не разделены какими-либо другими изображениями, на простых горизонтальных, фронтальных и профильных разрезах не отмечают положения секущей плоскости и разрез надписью не сопровождают. Во всех остальных случаях указывают положение секущей плоскости и разрез подписывают.

На рис. 2.3 (см. с. 15) обозначено положение фронтальной секущей плоскости (Г–Г) и надписан фронтальный разрез потому, что данная плоскость не является плоскостью симметрии предмета в целом за счет внутренней формы.

Примеры разрезов, не требующих надписей, приведены на рис. 2.9, 2.19 (см. с. 19, 30 соответственно).

2.2.3. Простые разрезы

Горизонтальные разрезы могут быть расположены на месте видов сверху или снизу в том случае, если эти виды не нужны для выяснения формы наружных очертаний предметов. Если эти виды необходимы, горизонтальный разрез следует располагать на свободном месте поля чертежа в соответствии с направлениями, указанными стрелками. В этом случае должно быть отмечено положение секущей плоскости и подписан разрез.

Так, на рис. 2.16 вид сверху необходим для выяснения формы верхнего фланца детали, поэтому горизонтальный разрез помещен на свободном месте поля чертежа и подписан (А–А).

На рис. 2.17 горизонтальный разрез расположен на месте вида сверху, что не нарушило представления о наружной форме детали и

дало возможность выполнить чертеж с наименьшим количеством изображений.

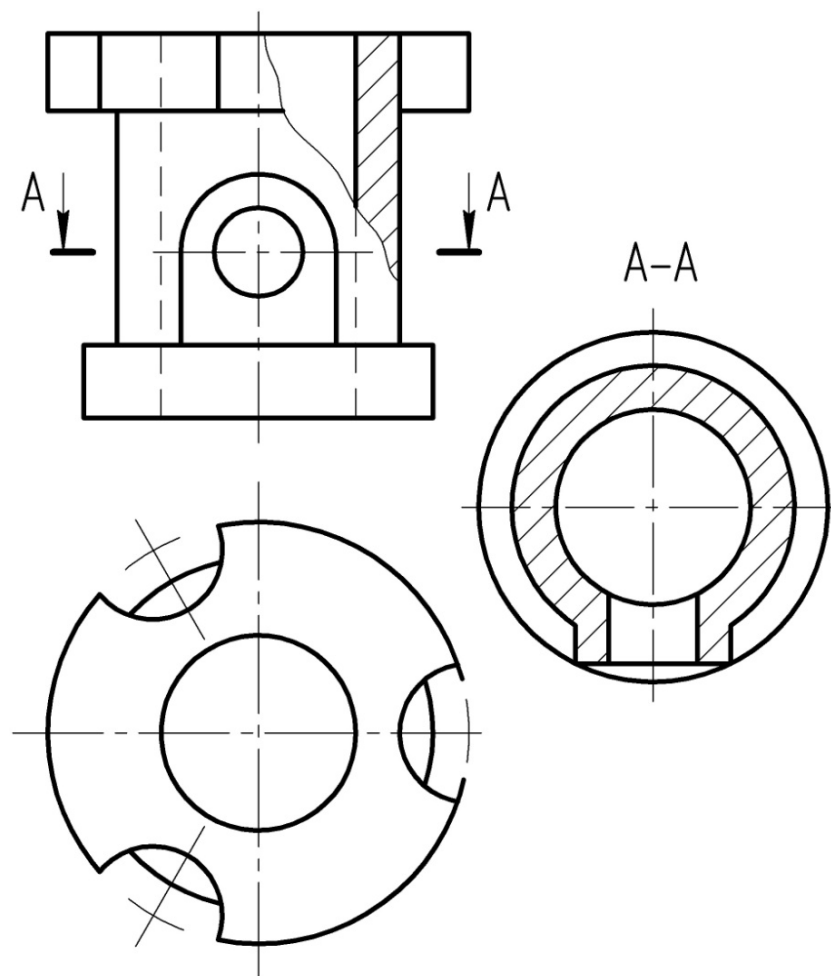


Рис. 2.16

Секущая плоскость, которой выполнен горизонтальный разрез, не является плоскостью симметрии данной детали (верхняя, условно удаленная часть несимметрична оставшейся проецируемой части). Из чертежа видно, что фронтальная проекция секущей плоскости (линия сечения $A-A$) не является осью симметрии изображения. В этом случае положение секущей плоскости следует отметить и над разрезом выполнить надпись, что и показано на рис. 2.17.

На рис. 2.18 горизонтальные разрезы расположены на месте вида сверху (разрез $A-A$) и вида снизу (разрез $B-B$). Если горизонтальный разрез нерационально располагать на виде снизу, его можно дать на свободном месте поля чертежа и строить по направлению, указанному стрелками (рис. 2.16).

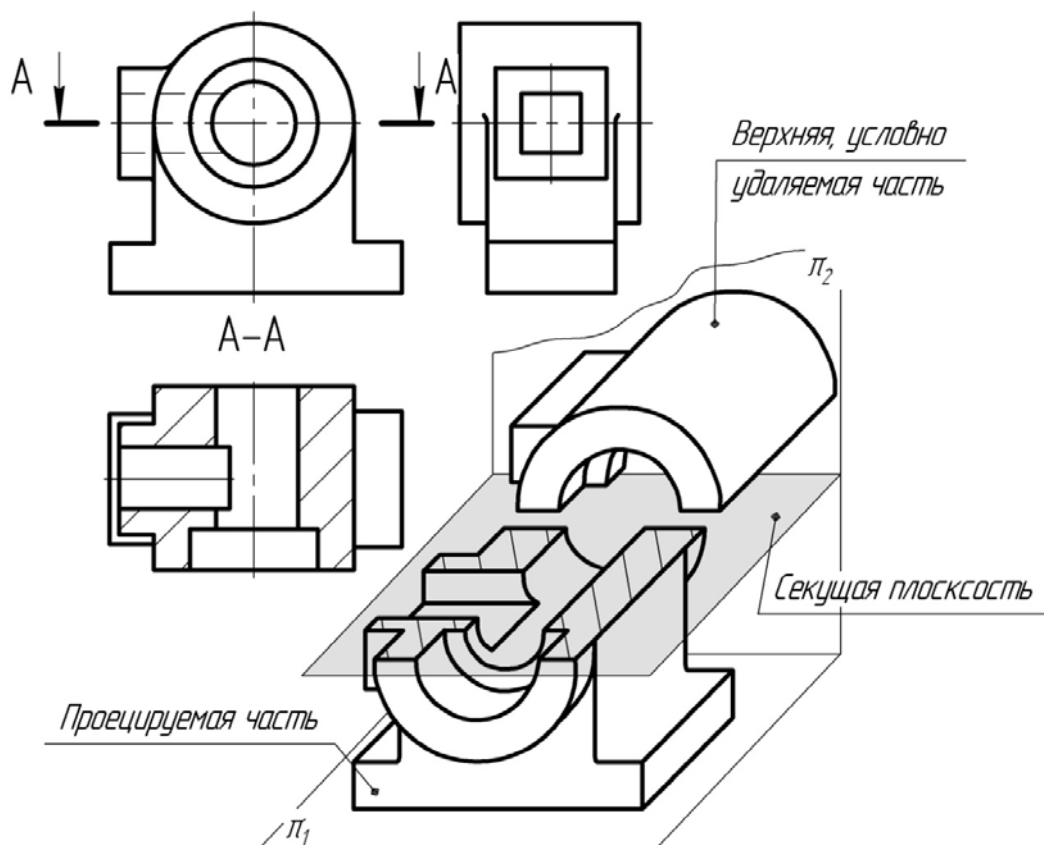


Рис. 2.17

Фронтальные разрезы могут быть расположены на месте главного вида (реже – вида сзади). В том случае, если эти виды являются необходимыми для выявления формы наружных очертаний предмета, разрезы помещают на свободном поле чертежа.

Выполненный на рис. 2.19 (см. с. 30) фронтальный разрез помещен на месте главного вида. Положение его секущей плоскости не отмечено и сам разрез не подписан, так как в данном случае секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии детали, а разрез расположен в непосредственной проекционной связи с остальными изображениями. Действительно, вид сверху имеет горизонтальную ось симметрии, которая является горизонтальной проекцией фронтальной плоскости симметрии детали, с ней совпадает горизонтальная проекция фронтальной секущей плоскости.

Профильный разрез может быть расположен на месте вида слева, вида справа или на свободном месте поля чертежа.

Для выяснения формы детали, изображенной на рис. 2.20 (см. с. 31), выполнено два профильных разреза. Разрезы расположены на месте вида слева (Б–Б) и вида справа (А–А).

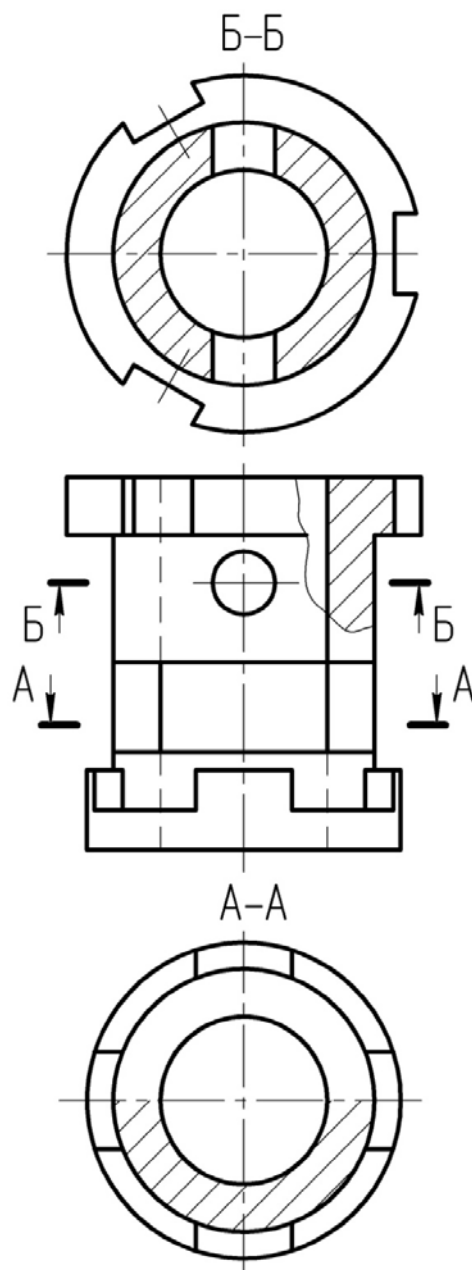


Рис. 2.18

В случаях, подобных приведенному, стрелки, указывающие направление взгляда, наносятся на одной линии.

Вертикальный разрез, когда секущая плоскость непараллельна фронтальной или профильной плоскости проекций, а также наклонный разрез должны строиться и располагаться в соответствии с направлением, указанным стрелками на линии сечения. Необходимость выполнения таких разрезов продиктована формой предмета, элементы которого наклонены к основным плоскостям проекций.

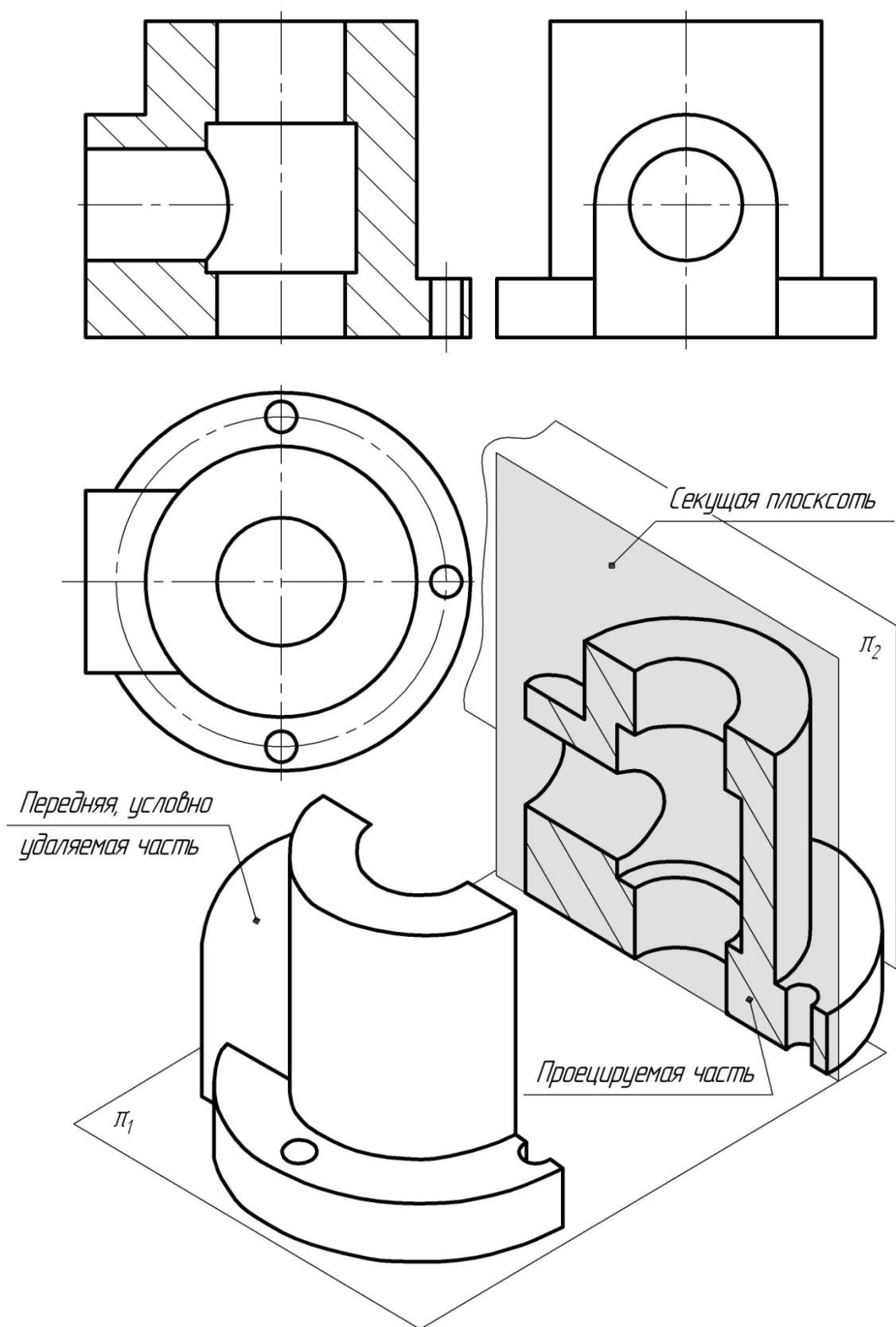


Рис. 2.19

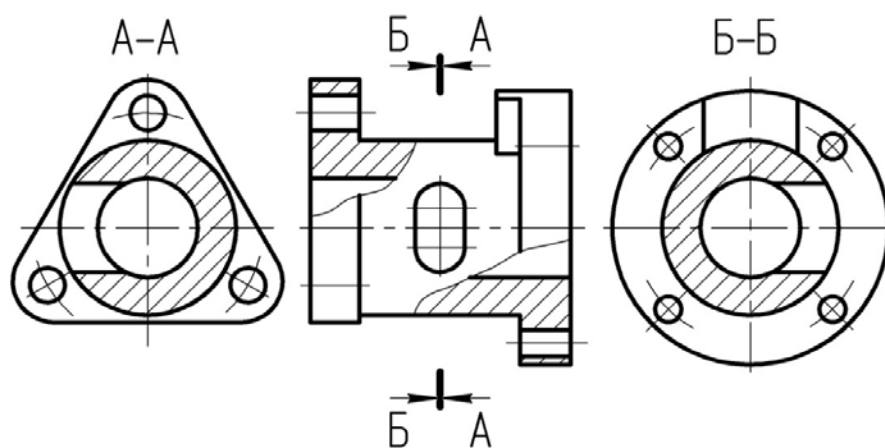


Рис. 2.20

Для получения неискаженных изображений наклонные и вертикальные (когда секущая плоскость непараллельна плоскостям π_2 и π_3) разрезы строят на дополнительных плоскостях проекций, расположенных параллельно секущей плоскости и совмещенных с плоскостью чертежа в любом его свободном месте (т. е. применяют способ замены плоскостей проекций).

Так, при выполнении вертикального разреза детали, изображенной на рис. 2.21, для получения неискаженного сечения фронтальную плоскость π_2 заменяют дополнительной плоскостью. Дополнительная плоскость перпендикулярна к горизонтальной плоскости проекций π_1 и параллельна секущей плоскости, отмеченной линией сечения $A-A$.

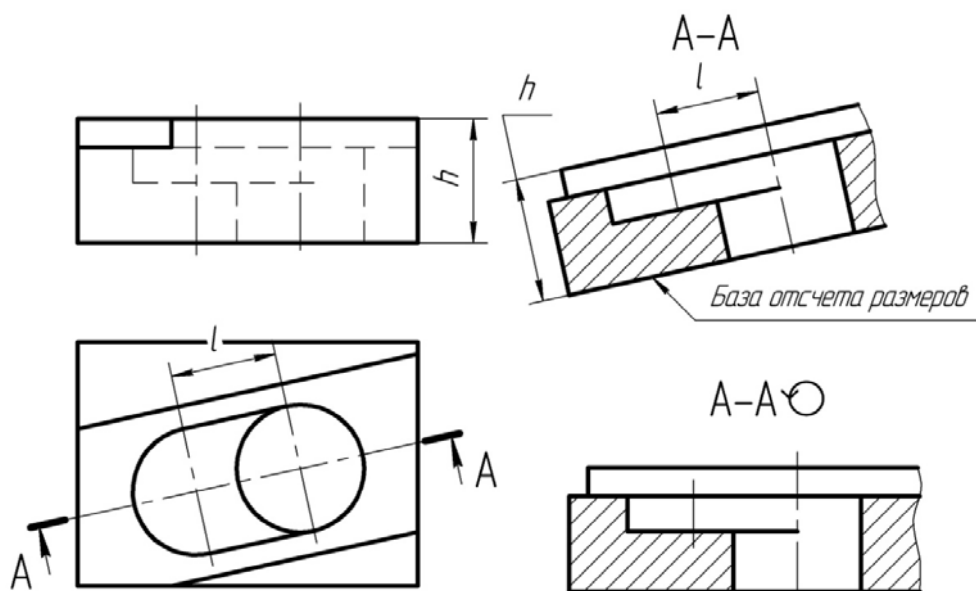


Рис. 2.21

Построение натуральной величины сечения начинают с проведения в свободном месте чертежа линии, параллельной горизонтальной проекции секущей плоскости. Эта линия является линией пересечения секущей плоскости с плоскостью основания детали, принадлежит сечению и является в данном случае базой отсчета размеров. Подобные разрезы, а также наклонные допускается располагать с поворотом до положения, соответствующего принятому для данного предмета на главном изображении. В этом случае к надписи должен быть добавлен символ «повернуто» (\odot).

Наклонный разрез детали, изображенной на рис. 2.22, выполнен фронтально проецирующей плоскостью, составляющей с горизонтальной плоскостью угол, отличный от прямого. Построение истинного вида сечения следует начинать с проведения оси, параллельной линии сечения.

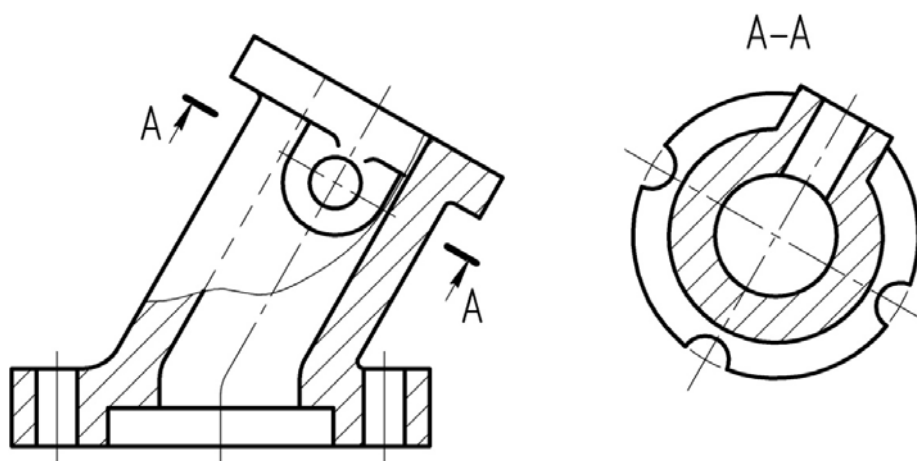


Рис. 2.22

На рис. 2.23 изображен корпус подшипника, наклоненный к горизонтальной плоскости проекций. Для выявления его формы выполнен наклонный разрез фронтально-проецирующей плоскостью (линия сечения $A-A$).

Наклонный разрез размещен на свободном месте поля чертежа и подписан. Секущая плоскость разрезает одно ребро детали вдоль длинной стороны (оно не заштриховано), второе – поперек (оно заштриховано).

Местным называется разрез, служащий для выявления контуров предмета лишь в отдельном, ограниченном месте. Местные разрезы применяются в тех случаях, когда для выяснения внутренней формы предмета целесообразно показывать разрез лишь на некоторой части

проекции, вскрывая интересующие нас выемки, отверстия и т. д. Местный разрез выделяется на виде сплошной волнистой линией. Эта линия не должна совпадать с какими-либо другими линиями изображения.

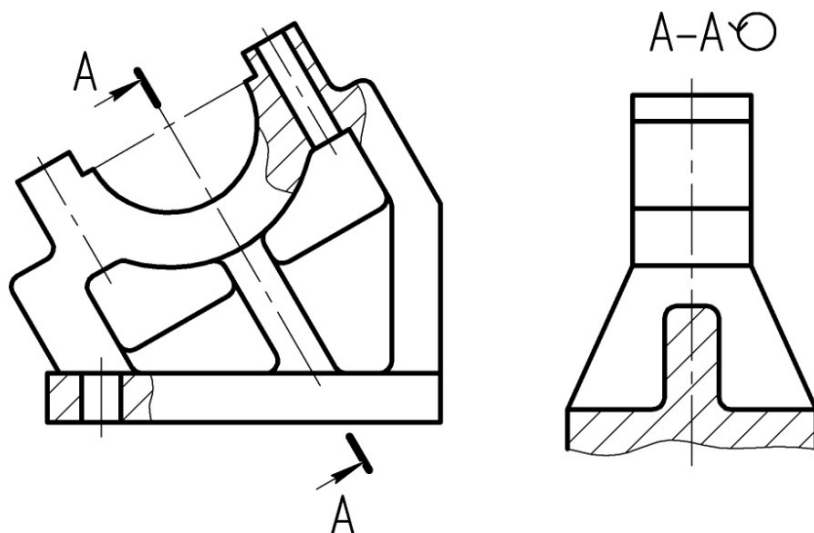


Рис. 2.23

На рис. 2.23 для изображения цилиндрических отверстий детали выполнены местные разрез.

2.2.4. Сложные разрезы

Выполнение сложных разрезов дает возможность уменьшить количество изображений, так как на одном изображении при помощи нескольких секущих плоскостей можно выявить внутреннюю форму предмета в разных его местах.

В зависимости от взаимного положения секущих плоскостей сложные разрезы делятся на ступенчатые и ломаные.

Ступенчатые разрезы выполняются параллельными секущими плоскостями. Они могут быть горизонтальными, фронтальными, профильными и наклонными.

На рис. 2.24 изображен фронтальный ступенчатый разрез детали, выполненный двумя фронтальными секущими плоскостями. При построении разреза секущие плоскости совмещаются в одну плоскость, параллельную плоскости изображения. На разрезе не отражается то, что он выполнен несколькими секущими плоскостями.

Переход от одной секущей плоскости к другой осуществляется перпендикулярной к секущим плоскостям плоскостью перехода.

При выполнении ступенчатых разрезов рекомендуется, чтобы сечения в местах перехода этой плоскости к секущим плоскостям были одинаковыми (один массив).

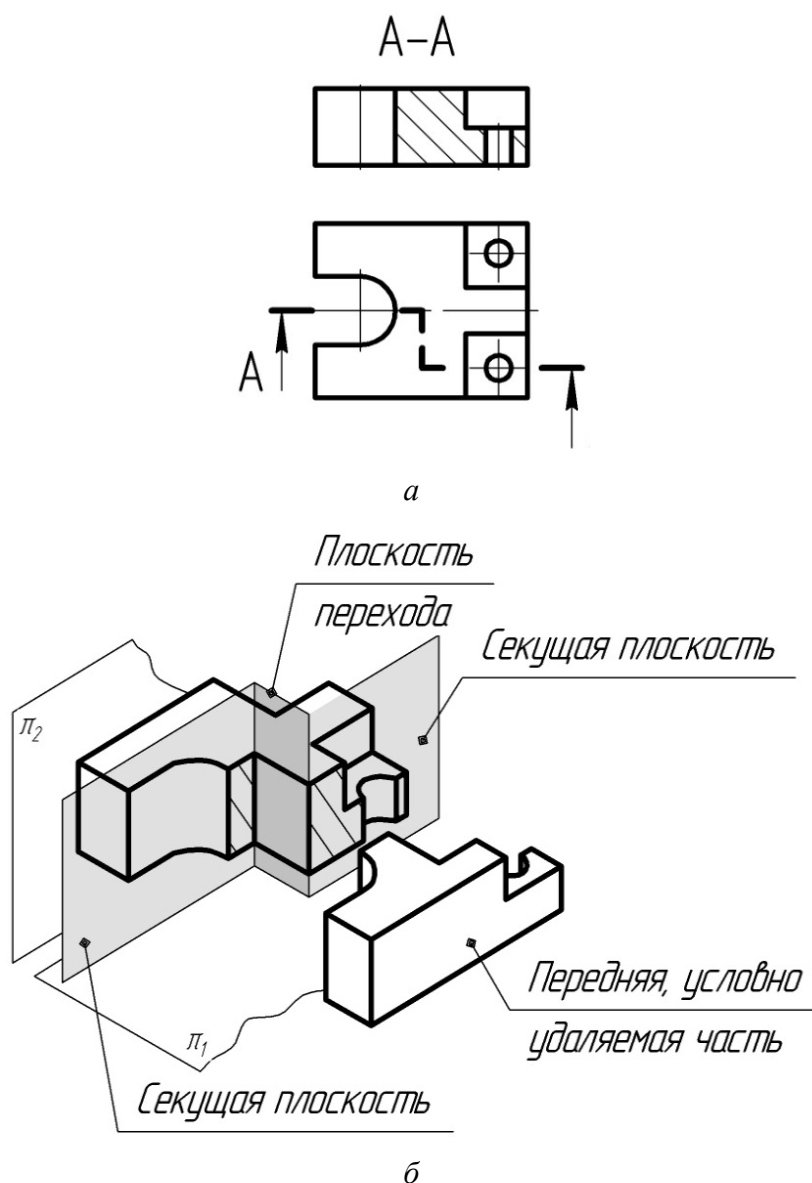


Рис. 2.24

В некоторых случаях переход от одной секущей плоскости к другой выполняют плоскостью, проходящей по оси симметрии отверстия, как это показано на рис. 2.25. На рис. 2.26 выполнен наклонный ступенчатый разрез.

Ломаные разрезы выполняются пересекающимися секущими плоскостями (их линия сечения является ломаной линией).

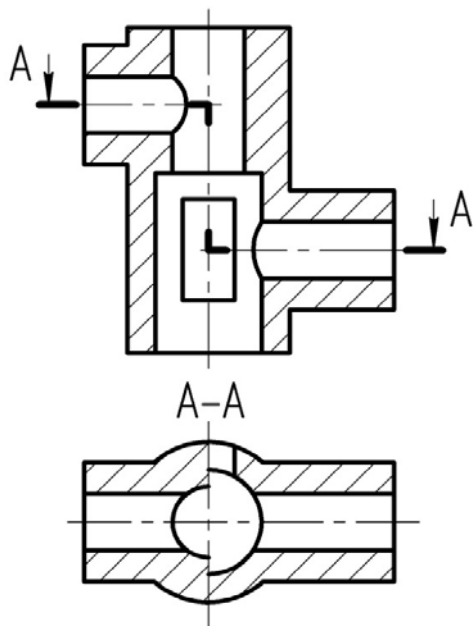


Рис. 2.25

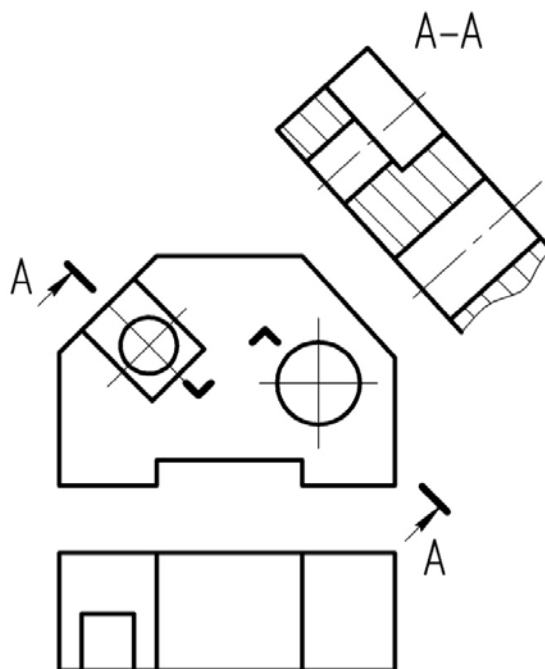


Рис. 2.26

Для получения неискаженных изображений секущие плоскости этих разрезов способом вращения вокруг проецирующих прямых (линии пересечения секущих плоскостей) совмещаются в одну плоскость, параллельную плоскости изображения. Если совмещенные секущие плоскости окажутся параллельными одной из основных плоскостей проекций, ломаный разрез помещают на месте соответствующего вида. Выбор плоскости совмещения зависит от заданных условий (конструктивных особенностей предмета, удобства размещения и т. д.).

На рис. 2.27 изображен ломаный разрез, образованный двумя пересекающимися горизонтально проецирующими плоскостями, одна из которых фронтальная. Для построения разреза левую наклонную секущую плоскость вместе с расположенным в ней сечением поворачивают вокруг линии ее пересечения (горизонтально проецирующей прямой) с фронтальной секущей плоскостью до совмещения с последней.

В данном примере направление совмещения секущей плоскости (поворота ее) совпадает с направлением взгляда (направлением проецирования), указанного стрелкой на линии сечения (у буквы *A*).

Направление взгляда может и не совпадать с направлением поворота секущих плоскостей до совмещения их в одну плоскость, как это выполнено на рис. 2.28 (левый наклонный участок линии сечения),

где направления совмещения и стрелки у буквы *A* противоположны. На левом наклонном участке чертежа рис. 2.29 секущие плоскости смещены друг относительно друга по цилиндрической поверхности.

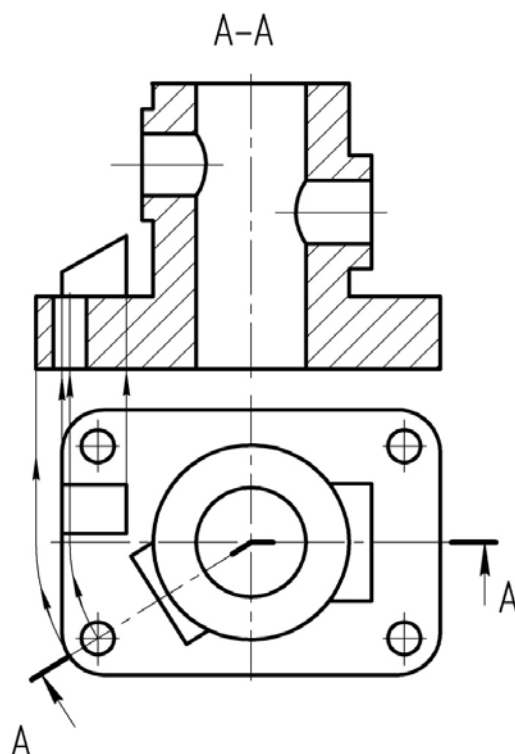


Рис. 2.27

При построении ломаных разрезов следует обращать внимание на изображение элементов предмета, расположенных за секущей плоскостью.

При повороте секущей плоскости элементы предмета, расположенные за ней, поворачивать не следует. Их вычерчивают так, как они проецируются на соответствующую плоскость, до которой производится совмещение. Так спроецирован выступ детали на рис. 2.27, расположенный за секущей горизонтально проецирующей плоскостью; он не участвует в повороте.

Исключением являются случаи, когда секущая плоскость пересекает какой-нибудь элемент предмета и часть этого элемента расположена за нею (рис. 2.28, 2.29). В таких случаях элементы предмета, расположенные за секущей плоскостью, проецируют на нее (по направлению *A*, перпендикулярно секущей плоскости), вместе с нею поворачивают до совмещения с соответствующей плоскостью и проецируют на плоскость разреза.

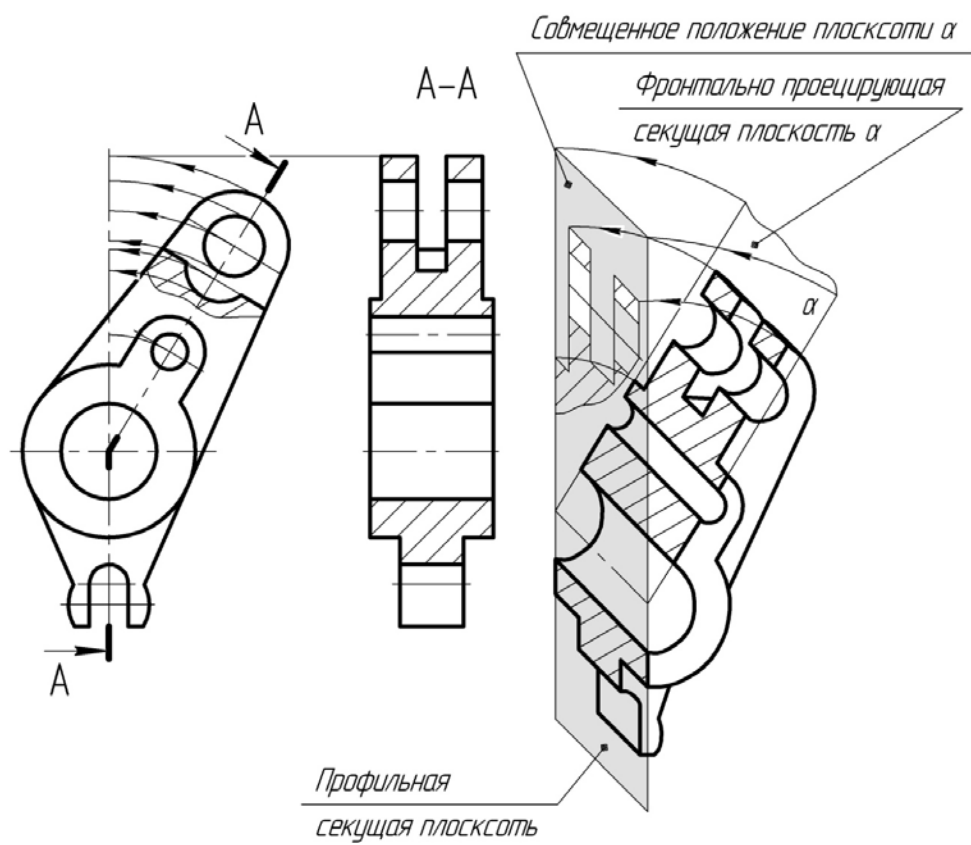


Рис. 2.28

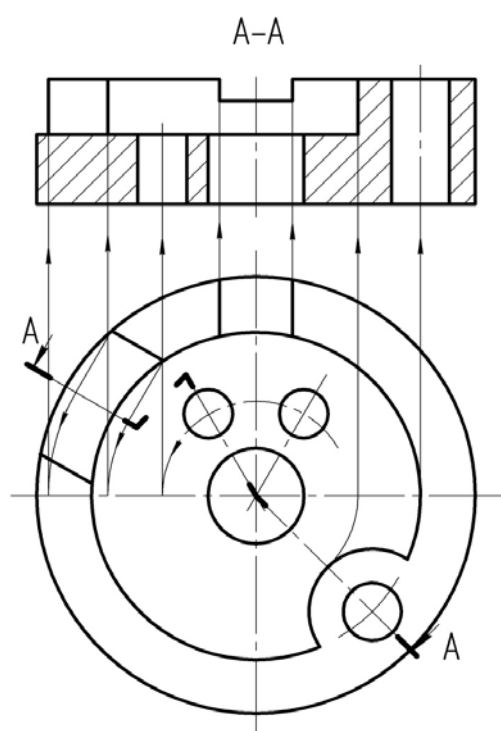


Рис. 2.29

2.2.5. Соединение части вида с частью разреза

Для уменьшения количества изображений целесообразно во многих случаях соединять часть вида и часть соответствующего разреза. Это сочетание дает возможность при наименьшем количестве изображений получить полное представление о внешней и внутренней форме изображенного предмета.

Соединение части вида с частью соответствующего разреза выполняется на изображениях, расположенных на местах основных видов (в проекционной связи). Часть вида и часть соответствующего разреза допускается соединять, разделяя их сплошной волнистой линией. Такое соединение выполняется для несимметричных фигур, сплошная волнистая линия проводится там, где это необходимо для выявления формы.

Если соединяются половина вида и половина разреза, каждый из которых является симметричной фигурой, разделяющей линией служит ось симметрии – штрихпунктирная тонкая линия, что подтверждает условность разреза (проведение сплошной основной линии свидетельствовало бы о том, что вырез сделан реально). Разрезы рекомендуется располагать справа и снизу от оси симметрии.

Для выявления наружных и внутренних очертаний детали, изображенной на рис. 2.30, разрезы выполнены в соединении с соответствующими видами, что обусловлено формой данной детали. На представленных изображениях соединяются половина вида и половина разреза, каждый из которых является симметричной фигурой. Действительно, на главном виде имеется ось симметрии, которая является фронтальной проекцией профильной плоскости симметрии этой детали. Изображение на профильной проекции имеет ось симметрии, которая является профильной проекцией фронтальной плоскости симметрии детали. Горизонтальные проекции названных плоскостей симметрии проходят через оси симметрии (вертикальную и горизонтальную) изображения на горизонтальной проекции. Таким образом, если изображение, на котором предполагается выполнить разрез, является симметричной фигурой (относительно наружной и внутренней форм), разрез можно выполнять, если в этом есть необходимость, в соединении с соответствующим видом, разделяя их штрихпунктирной тонкой линией.

На половине вида не следует проводить штриховых линий проекций внутренних очертаний предмета (они изображены на разрезе), а на половине разреза не следует повторять штриховыми линиями изображения наружных очертаний предмета, так как они показаны на половине вида.

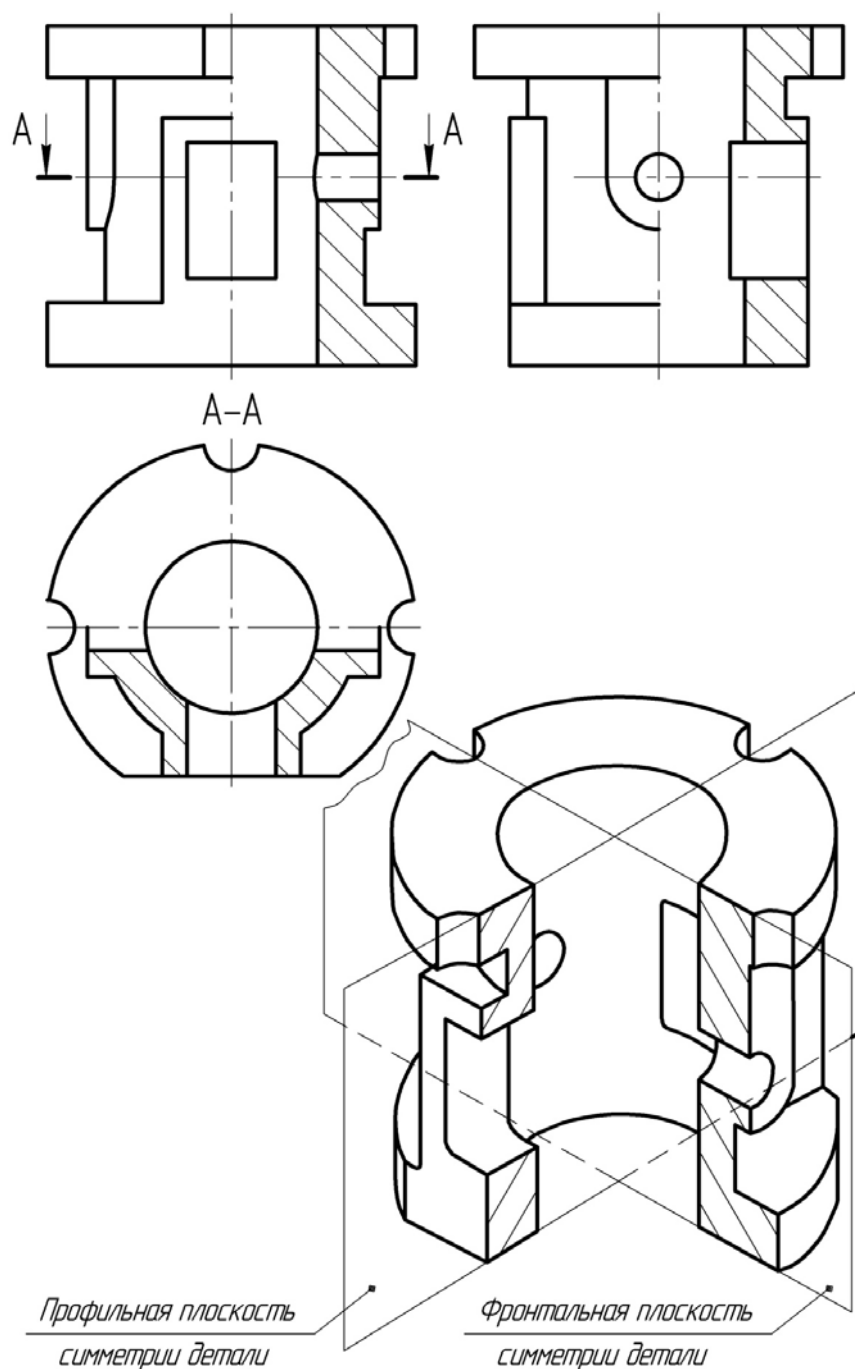


Рис. 2.30

Рассмотрим секущие плоскости разрезов, представленных на рис. 2.30. Фронтальный разрез выполнен фронтальной секущей плоскостью, совпадающей с фронтальной плоскостью симметрии детали. Разрез простой, расположен на месте главного вида в проекционной связи с другими изображениями, поэтому он не подписывается, и положение его секущей плоскости не отмечается. Профильный разрез

выполнен профильной плоскостью, совпадающей с профильной плоскостью симметрии детали; он также не подписывается. Горизонтальный разрез выполнен горизонтальной плоскостью, проходящей через ось отверстия детали. Эта плоскость не является плоскостью симметрии предмета в целом, поэтому ее расположение отмечено на чертеже линией сечения, а горизонтальный разрез надписан.

Сложные разрезы, как и простые, можно выполнять в соединении с видами. Так, для детали, представленной на рис. 2.31, выполнен горизонтальный ступенчатый разрез, который соединен с видом сверху.

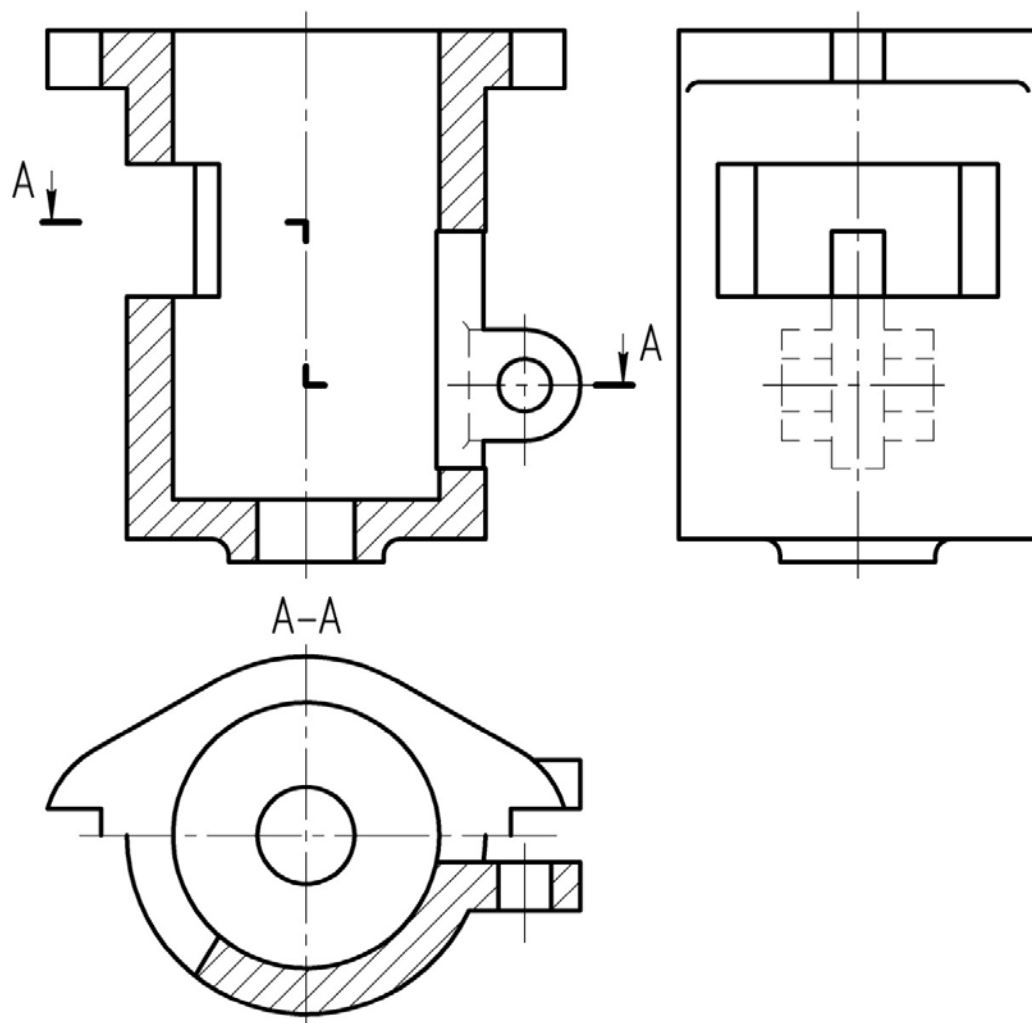


Рис. 2.31

Если линия оси симметрии изображения совпадает со сплошной основной линией, принадлежащей проекции предмета (например, ребра), следует соединять части вида и разреза, разделяя их сплошной волнистой линией. Сплошную волнистую линию можно проводить

снизу (рис. 2.32) или сверху (рис. 2.33) от горизонтальной проекции ребра в зависимости от того, что необходимо показать на виде и на разрезе. На рис. 2.32, 2.33 показано, что проекцию ребра рекомендуется изображать как для наружных, так и для внутренних поверхностей.

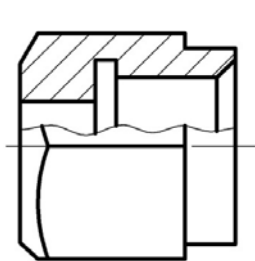


Рис. 2.32

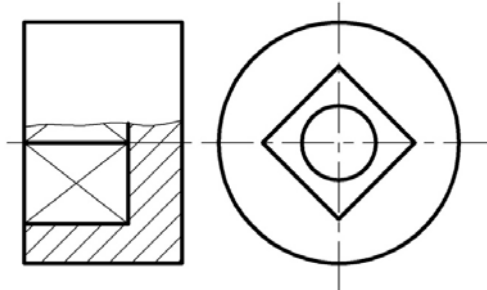
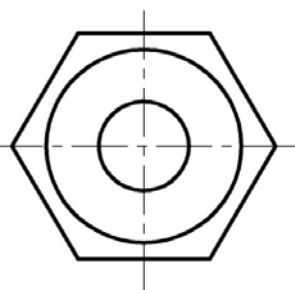


Рис. 2.33

Для деталей (например, цилиндрических втулок), проецирующихся в виде симметричных фигур, но имеющих весьма простые наружные очертания, рекомендуется выполнять только разрезы, так как размеры и другие данные удобнее наносить на разрезе, а простые наружные их очертания не требуют дополнительных изображений. Допускается разделение разреза и вида штрихпунктирной тонкой линией, совпадающей со следом плоскости симметрии не всего предмета, а лишь его части, если она представляет собой тело вращения.

Так, цилиндрическая часть кронштейна, изображенного на рис. 2.34, показана с разрезом в соединении с видом. Разрез соединен с видом штрихпунктирной линией, совпадающей с проекцией плоскости симметрии его цилиндрической части.

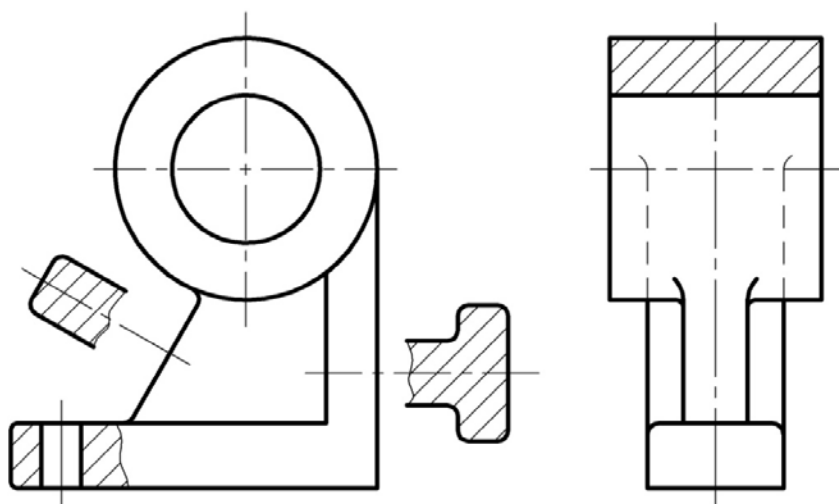


Рис. 2.34

2.2.6. Условности и упрощения, применяемые при выполнении разрезов

Такие детали, как винты, заклепки, шпонки, непустотелые валы, при продольном разрезе показываются нерассеченными (рис. 2.35), при поперечном – рассеченными. Шарики всегда изображают нерассеченными. Как правило, даются нерассеченными на сборочных чертежах гайки и шайбы.

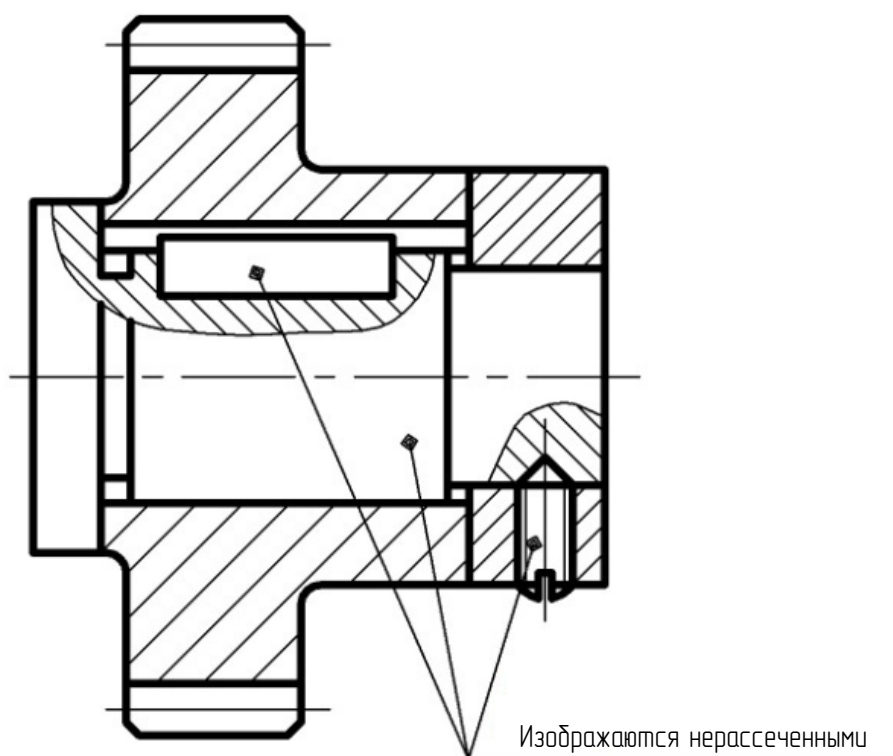


Рис. 2.35

Такие элементы, как спицы маховиков, шкивов, зубчатых колес, тонкие стенки типа ребер жесткости, показываются разрезанными, но незаштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль их оси или длинной стороны. Эти элементы отделяются от остальной части разреза сплошной основной линией (рис. 2.36). Если в подобных элементах детали имеется отверстие или углубление, выполняют местный разрез, как показано на рис. 2.36.

Ребра, которые пересекаются секущей плоскостью поперек длинной стороны, заштриховываются.

Отверстия, расположенные на круглом фланце, допускается выполнять в разрезе, когда они не попадают в секущую плоскость, благодаря этому сокращается количество изображений (рис. 2.37).

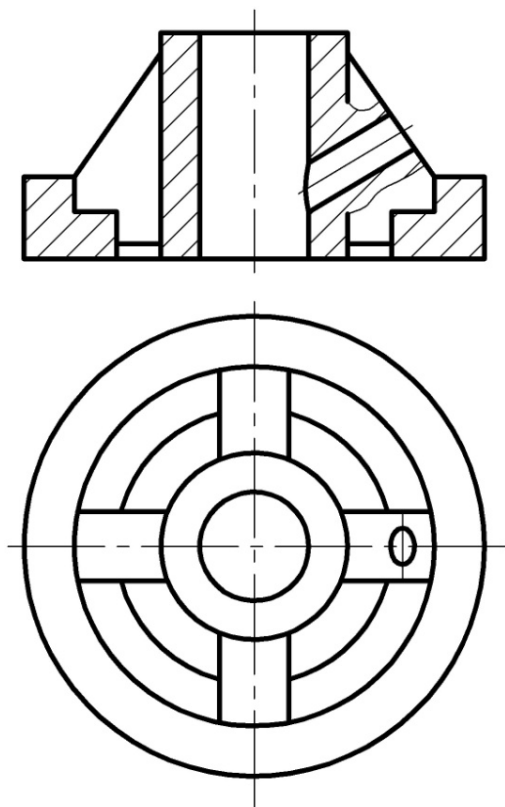


Рис. 2.36

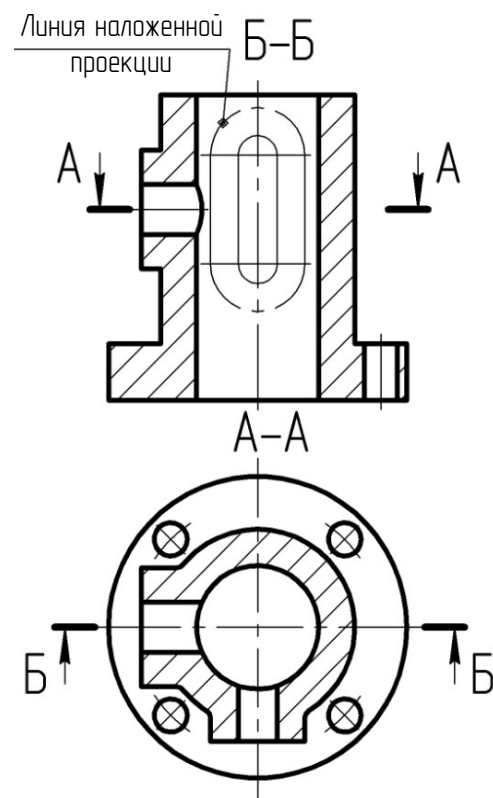


Рис. 2.37

Для этой же цели допускается изображать штрихпунктирной утолщенной линией непосредственно на разрезе часть предмета, находящуюся между наблюдателем и секущей плоскостью (рис. 2.37).

2.3. Сечения

Сечением называется изображение фигуры, получающееся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. В отличие от разреза, в сечении показывается только то, что расположено непосредственно в секущей плоскости, а все, что расположено за ней, не изображается.

На рис. 2.38 показано различие между сечением и разрезом.

Сечения в зависимости от расположения их на чертеже делятся на вынесенные и наложенные.

Вынесенным называется сечение, расположенное на чертеже вне контура вида предмета. Его допускается располагать в разрыве между частями одного и того же вида. Вынесенные сечения предпочтительнее наложенных, которые затемняют чертеж. Контур вынесенного сечения изображают сплошными основными линиями.

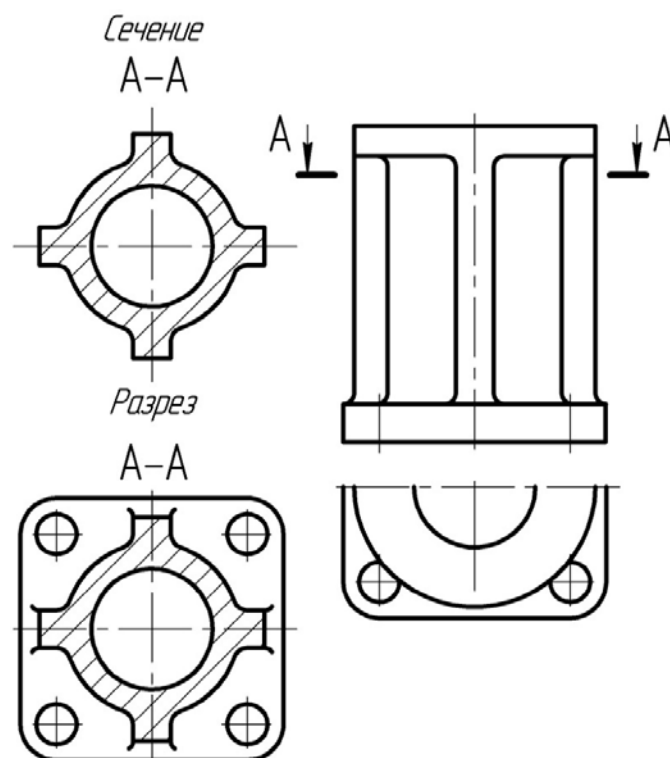


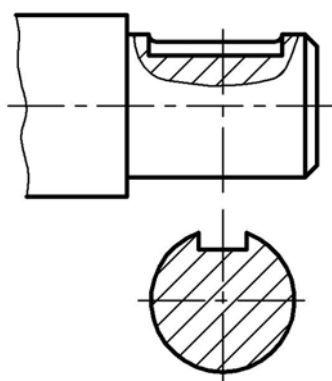
Рис. 2.38

Наложенным называется сечение, расположенное непосредственно на виде предмета. Контур наложенного сечения изображают сплошными тонкими линиями, причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают. При симметричной фигуре сечения, если ось симметрии сечения совпадает с положением секущей плоскости, вынесенное сечение можно располагать так, чтобы его ось симметрии была продолжением проекции секущей плоскости (рис. 2.39, а). В этом случае положение секущей плоскости указывают штрихпунктирной тонкой линией без обозначения буквами и стрелками и разомкнутую линию сечения не показывают. То же относится и к симметричному наложенному сечению (рис. 2.39, б). На рис. 2.39, в симметричное сечение расположено в разрыве между частями одного и того же вида.

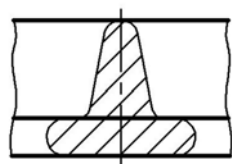
Во всех остальных случаях для линии сечения применяют разомкнутую линию с указанием стрелками направления взгляда, обозначают ее одинаковыми прописными буквами русского алфавита. Сечение сопровождают надписью по типу «А–А» (рис. 2.40). Размеры букв, величина стрелок и другие данные такие же, как и для разрезов.

Построение и расположение сечения должны соответствовать направлению, указанному стрелками. Допускается располагать сечение на любом месте поля чертежа.

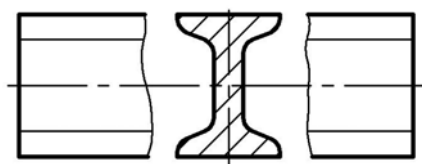
Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве или наложенных (рис. 2.40, б, в), линию сечения проводят со стрелками, но буквами не обозначают.



а

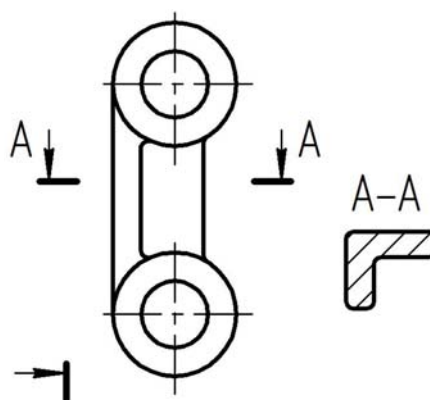


б

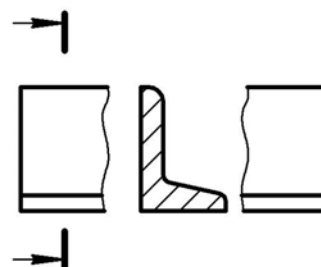


в

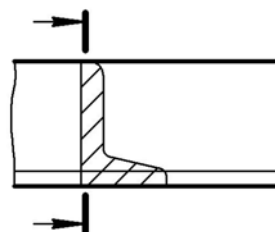
Рис. 2.39



а



б



в

Рис. 2.40

Для нескольких одинаковых сечений, относящихся к одному предмету, линию сечения обозначают одной буквой и вычерчивают одно сечение (рис. 2.41).

Допускается располагать сечение с поворотом, добавляя символ \odot (повернуто) (рис. 2.41, б). Если при этом секущие плоскости направлены под различными углами, символ \odot не наносят (рис. рис. 2.41, в).

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, контур отверстия или углубления показывают полностью, как на разрезе. На рис. 2.42

контур призматического отверстия (шпоночного паза) показан неполностью, а контуры цилиндрических отверстий и конического углубления – полностью.

Секущие плоскости следует выбирать так, чтобы получать нормальные (нераспадающиеся) поперечные сечения. Если элементы предмета наклонены к плоскостям проекций, секущие плоскости для получения нормальных сечений, состоящих из простых фигур, следует располагать перпендикулярно к этим элементам (рис. 2.41, б).

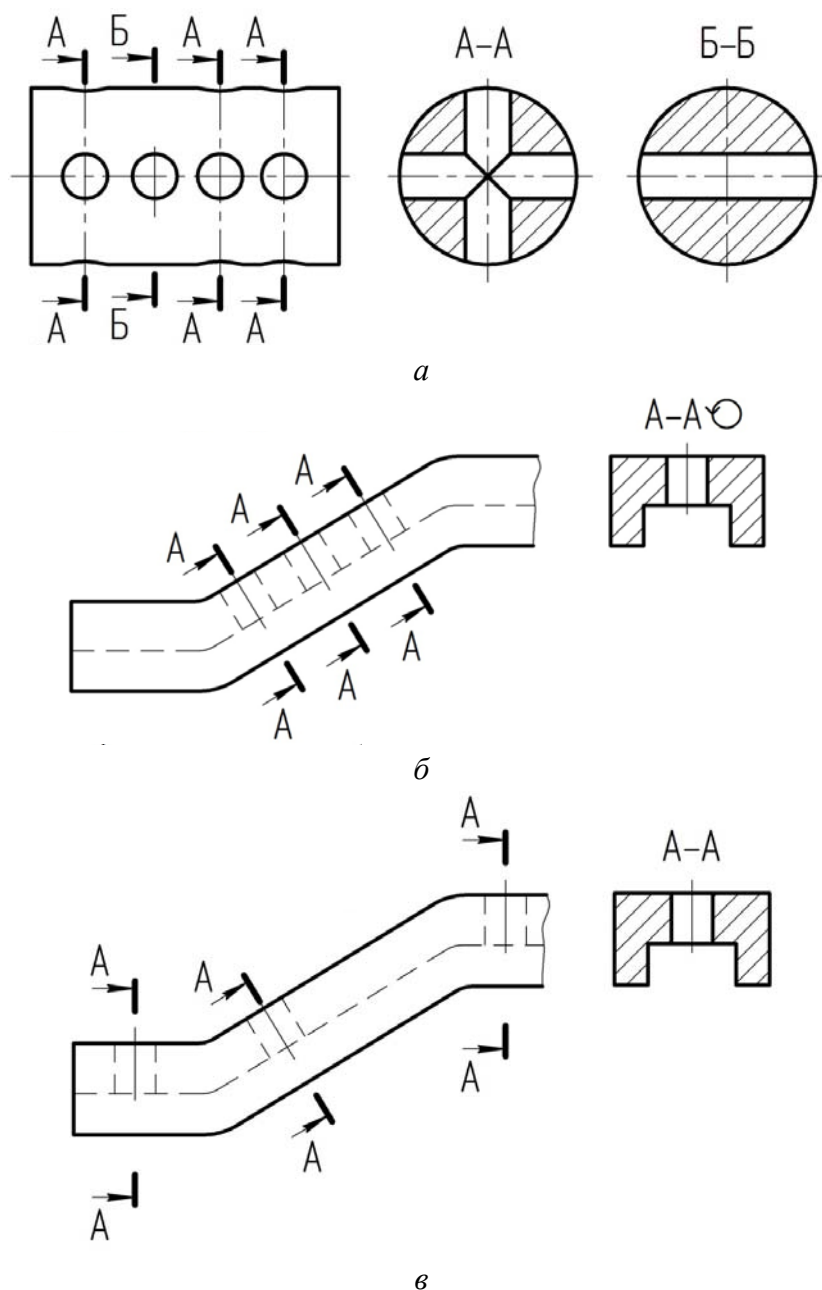


Рис. 2.41

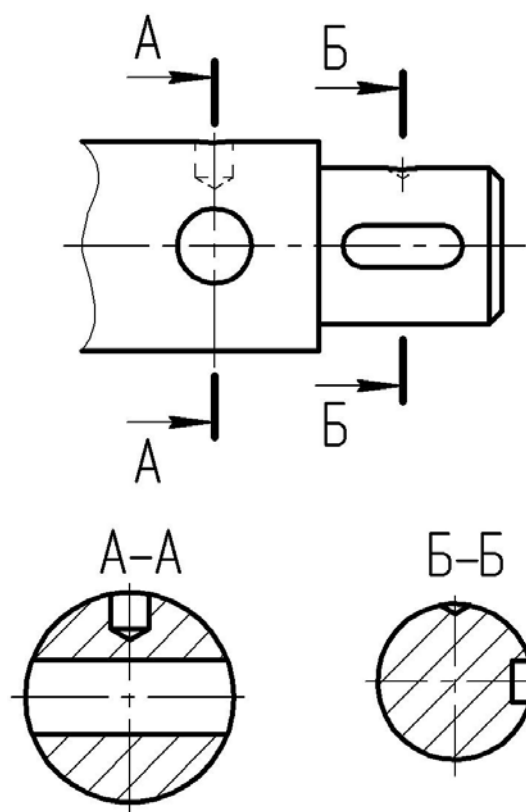


Рис. 2.42

Если секущая плоскость проходит через некруглое отверстие и сечение состоит из отдельных самостоятельных частей, следует применять разрезы (рис. 2.43). При необходимости допускается в качестве секущей применять цилиндрическую поверхность, развертываемую затем в плоскость (рис. 2.44).

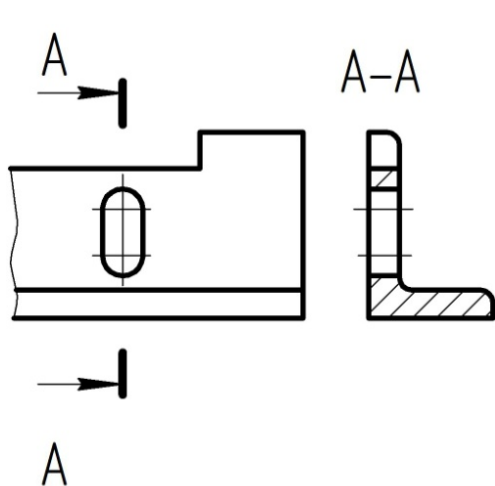


Рис. 2.43

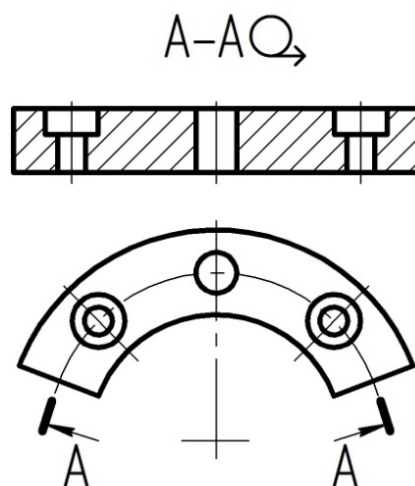


Рис. 2.44

2.4. Выносные элементы

Выносной элемент – дополнительное отдельное изображение (обычно увеличенное) части предмета, требующей графического и других пояснений в отношении формы, размеров и иных данных. Выносной элемент может содержать подробности, не указанные на соответствующем изображении (рис. 2.45), и отличаться от него по содержанию. Например, изображение может быть видом, а выносной элемент – разрезом (рис. 2.46). При применении выносного элемента соответствующее место отмечают на виде, разрезе или сечении замкнутой сплошной тонкой линией (окружностью, овалом) с обозначением прописной буквой русского алфавита выносного элемента на полке линии-выноски.

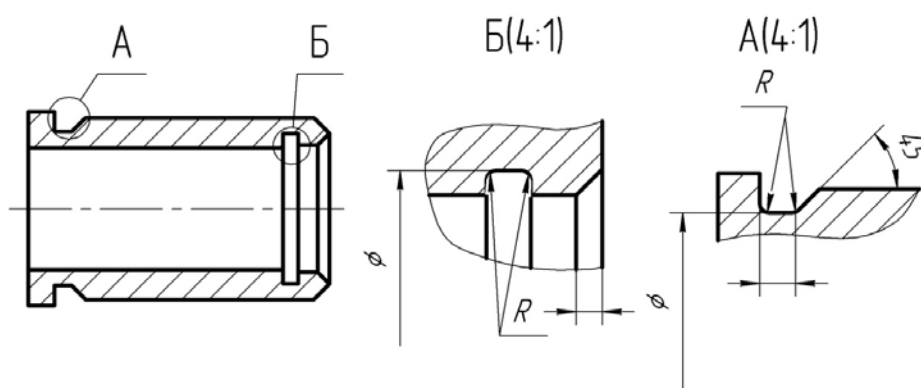


Рис. 2.45

У выносного элемента указывается его обозначение и масштаб следующим образом: $A(2 : 1)$, $B(4 : 1)$ и т. д. Выносной элемент располагают как можно ближе к соответствующему месту на изображении предмета. Следует отметить, что вначале обозначаются разрезы и виды, а затем выносные элементы.

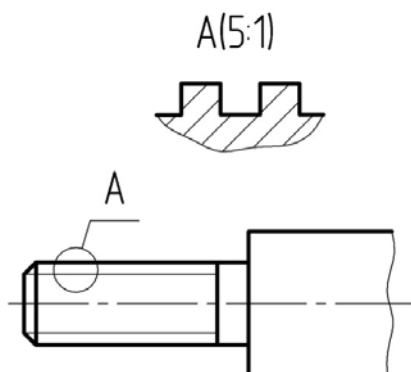


Рис. 2.46

2.5. Аксонометрические проекции

Аксонометрические проекции строятся в дополнение к ортогональным проекциям для трудно читаемых чертежей, а также используются как самостоятельные.

Плоскость, на которую проецируется наглядное изображение, называется в данном случае *аксонометрической*.

Наглядное изображение предмета, полученное способом параллельного проецирования, называют аксонометрическим. Слово «аксонометрия» означает измерение по осям. Принцип аксонометрического проецирования состоит в том, что изображаемый предмет вместе с системой трех взаимно перпендикулярных осей, к которым он отнесен в пространстве, параллельно проецируется на некоторую плоскость α (аксонометрическую) (рис. 2.47). Проекции координатных осей (Ox , Oy , Oz) на аксонометрической плоскости называют аксонометрическими осями (O_1x_1 , O_1y_1 , O_1z_1).

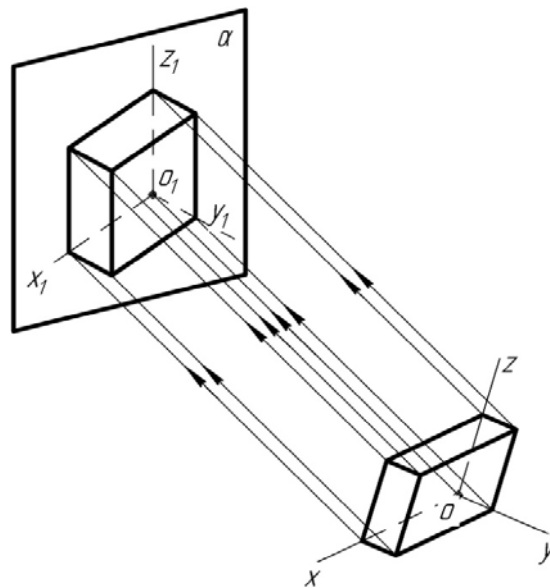


Рис. 2.47

Аксонометрические проекции называют прямоугольными, если проецирующие лучи направлены под прямым углом к аксонометрической проекции, и косоугольными, если проецирующие лучи образуют с аксонометрической плоскостью угол, отличный от прямого.

Аксонометрию, выполненную от руки на глаз, без применения чертежных инструментов, но с примерным соблюдением направлений осей и пропорциональности размеров, называют *техническим рисунком*.

В зависимости от направления проецирующих лучей и от расположения аксонометрической плоскости для одного и того же предмета можно получить множество наглядных изображений. Стандарт (ГОСТ 2.317–68) устанавливает пять видов аксонометрических изображений: 1) прямоугольная изометрия; 2) прямоугольная диметрия; 3) косоугольная фронтальная изометрия; 4) косоугольная горизонтальная изометрия; 5) косоугольная фронтальная диметрия. Мы остановимся на наиболее простых в построении видах аксонометрии – прямоугольной изометрии и косоугольной фронтальной диметрии.

Часто для получения наглядного изображения, дающего наибольшее сходство с предметом, важно правильно выбрать вид аксонометрической проекции. Например, при выполнении аксонометрических проекций предметов (или отверстий в них), имеющих форму четырехугольной правильной призмы или пирамиды с расположением вершин углов основания на осях x , y , рекомендуется использовать диметрию. В изометрии их наглядность уменьшается.

2.5.1. Прямоугольная изометрия

Слово «изометрия» означает одинаковое измерение. Чтобы наглядное изображение предмета получилось в системе одинаковых измерений по аксонометрическим осям, прямоугольную систему координат вместе с предметом располагают с одинаковым наклоном осей x , y , z к аксонометрической плоскости проекций. В этом случае аксонометрические оси располагаются под углом 120° друг к другу (рис. 2.48).

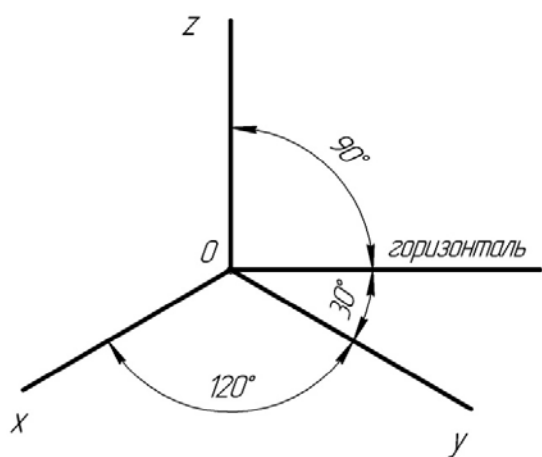


Рис. 2.48

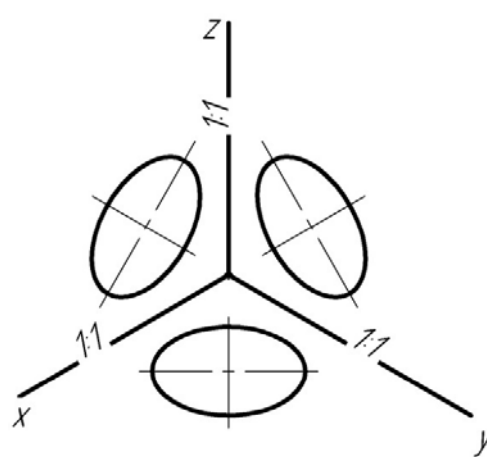


Рис. 2.49

Все размеры изображаемого предмета в прямоугольной изометрии искажаются (уменьшаясь по всем трем осям в 0,82 раза). Для упроще-

ния построений размеры проецируемого предмета откладываются по осям в масштабе $1 : 1$, что соответствует увеличению линейных размеров изображения по сравнению с действующими.

Построение окружностей. При построении изометрических проекций часто приходится проецировать окружности, например, основания цилиндров, конические элементы деталей. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость в виде эллипсов (рис. 2.49). Большая ось эллипса располагается под углом 90° к той оси, которая в данной плоскости отсутствует. Например, в плоскости xOy перпендикулярно к оси z , в плоскости xOz – к оси y , в плоскости zOy – к оси x . Малая ось эллипса всегда перпендикулярна к его большой оси. Размер большой оси эллипса при вычерчивании по приведенным коэффициентам берется равным $1,22d$, малой – $0,71d$, где d – диаметр изображаемой окружности. Величины этих осей подсчитывают или определяют графическим путем (рис. 2.50). Хорда AB равна $0,71d$, т. е. малой оси эллипса, а большей осью эллипса будет расстояние между точками пересечения C и D двух дуг, проведенных из точек A и B радиусом AB . Построение эллипса по точкам – очень трудоемкая работа. Поэтому эллипсы можно заменить овалами, которые строятся дугами окружностей.

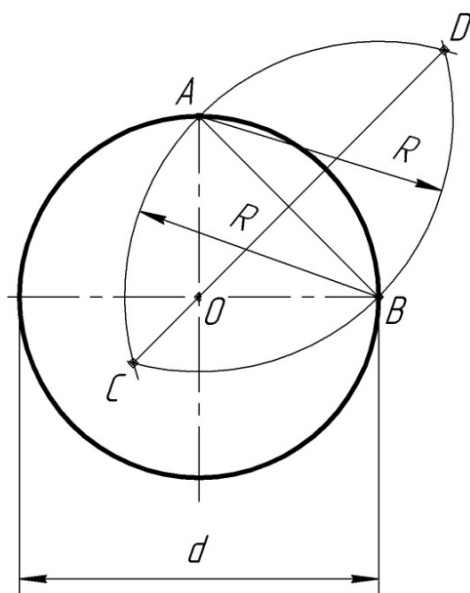


Рис. 2.50

Рассмотрим построение овала только в горизонтальной плоскости, так как во фронтальной и профильной плоскостях построение аналогично. Проведем горизонтальную большую ось эллипса CD ,

равную $1,22d$ (рис. 2.51). Малая ось AB , равная $0,71d$, будет расположена под углом 90° . Из точки O пересечения осей опишем две окружности диаметром AB и CD . Точки 1 и 2 пересечения большой окружности с вертикальным диаметром будут служить центрами больших дуг овала, а точки 3 и 4 пересечения малой окружности с горизонтальным диаметром (большой осью эллипса CD) – центрами малых дуг. Точки 5, 6 сопряжения дуг окружностей овала будут находиться на продолжении линии центров большой и малой дуг.

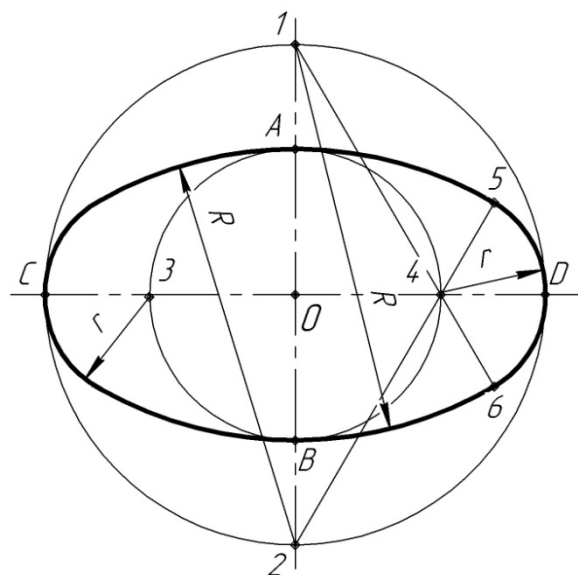


Рис. 2.51

Построение многоугольников. Многоугольники, представляющие собой основания призм и пирамид, изображаются на аксонометрических проекциях также в виде многоугольников. Построим правильный шестиугольник $ABCDEF$ в прямоугольной изометрии (рис. 2.52).

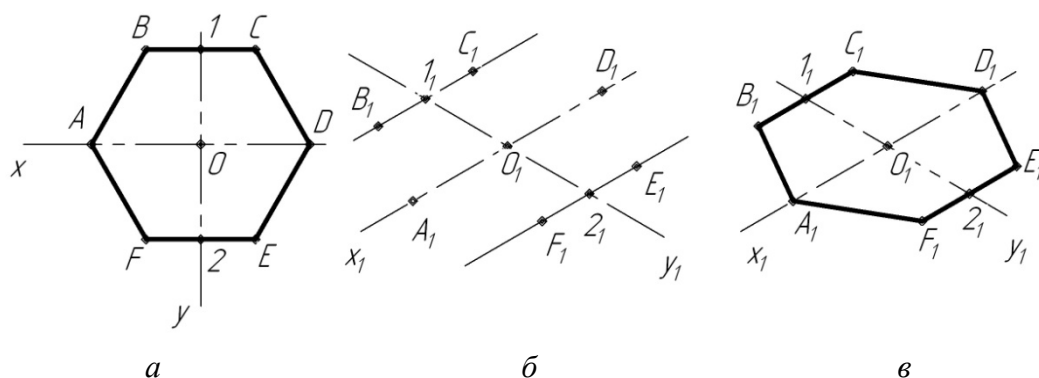


Рис. 2.52

Построение многоугольника на аксонометрической плоскости сводится к построению всех его вершин по их координатам. Те линии, которые проходят параллельно координатным осям, должны быть параллельно соответственно и аксонометрическим осям.

Проведем на заданной проекции шестигранника через центр O координатные оси x и y (рис. 2.52, *а*). На свободном поле чертежа проведем аксонометрические оси x_1 и y_1 под углом 120° (рис. 2.52, *б*). Вершины A_1 и D_1 будут находиться на оси x_1 на расстоянии $OA = O_1A_1$, $OD = O_1D_1$ от точки O_1 . Точки пересечения координатной оси y со сторонами шестиугольника BC и FE обозначим цифрами 1 и 2. Перенесем эти точки на аксонометрическую ось y_1 с таким же расстоянием от точки O_1 и проведем через них прямые, параллельные оси x_1 (так как отрезки BC и EF параллельны координатной оси x). По обе стороны отмеченных точек 1_1 и 2_1 отложим отрезки, равные половине стороны шестиугольника. Полученные таким образом вершины шестиугольника последовательно соединяются между собой прямыми (рис. 2.52, *в*).

Построение призмы. Отметим на заданных проекциях правильной шестиугольной призмы центр O и координатные оси x, y, z (рис. 2.53, *а*).

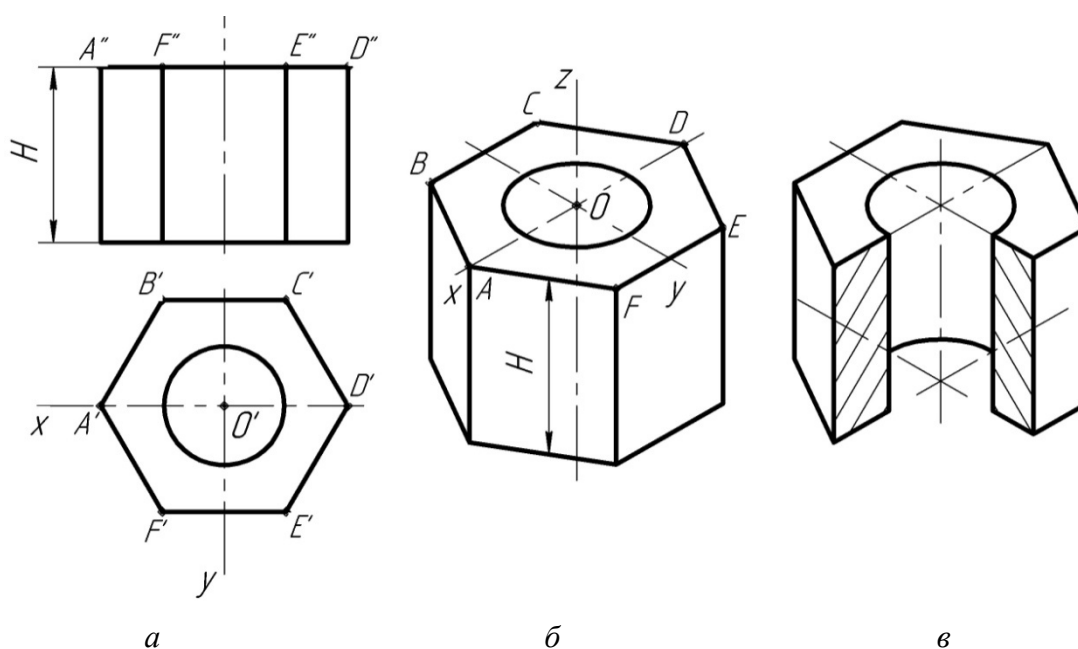


Рис. 2.53

Далее на свободном поле чертежа проведем аксонометрические оси x, y, z под углом 120° (рис. 2.53, *б*). Перенесем все точки вершин

основания призмы на аксонометрические оси. Далее через каждую вершину шестиугольника проведем линии, параллельные оси z , отложим на них высоту призмы H и полученные точки соединим между собой. Цилиндрическое отверстие призмы изобразится в виде эллипса, который можно заменить овалом. Правила построения овала приведены на рис. 2.51.

Построение пирамиды. На заданных горизонтальной и фронтальной проекциях правильной шестиугольной пирамиды проведем координатные оси x, y, z под углом 90° (рис. 2.54, *a*).

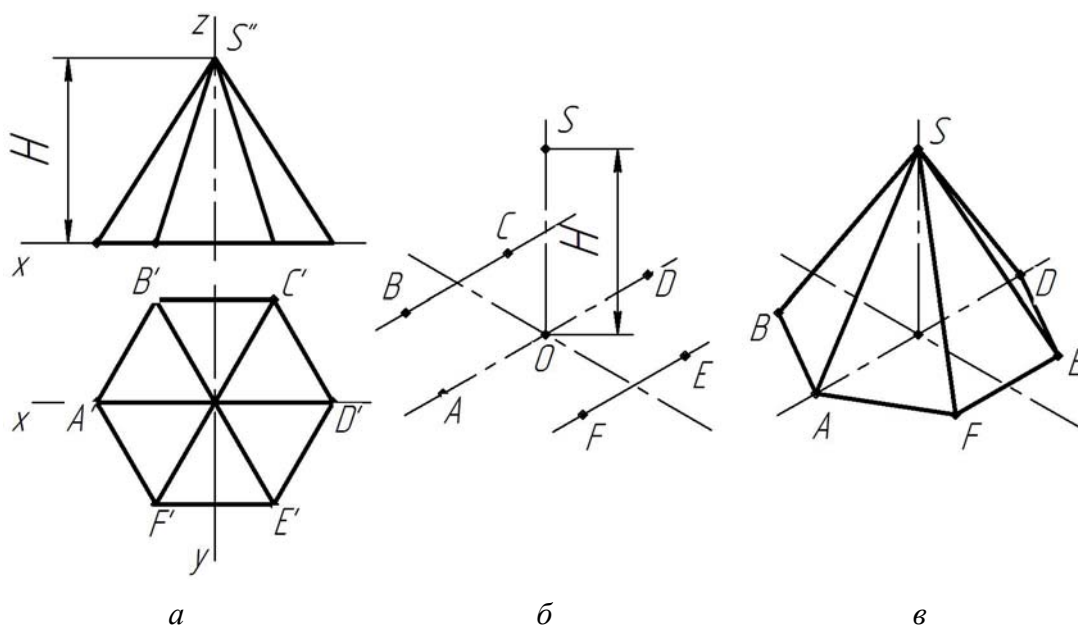


Рис. 2.54

На свободном поле чертежа проведем аксонометрические оси x, y, z под углом 120° (рис. 2.54, *б*). На аксонометрической оси z от точки O отложим высоту пирамиды H , а на осях x и y построим основания пирамиды. Полученные вершины основания соединим последовательно прямыми между собой и с вершиной S пирамиды (рис. 2.54, *в*).

Построение цилиндра. Для построения цилиндра проведем аксонометрические оси x, y, z под углом 120° (рис. 2.55, *a*). На оси z отложим высоту цилиндра H и построим два основания цилиндра диаметром D с отверстием, равным диаметру d (рис. 2.55, *б*). В данном примере окружности этих цилиндров спроецируются в эллипсы, которые можно заменить овалами. Закончим построение цилиндра проведением касательных прямых (контурных образующих) к этим овалам (рис. 2.55, *в*).

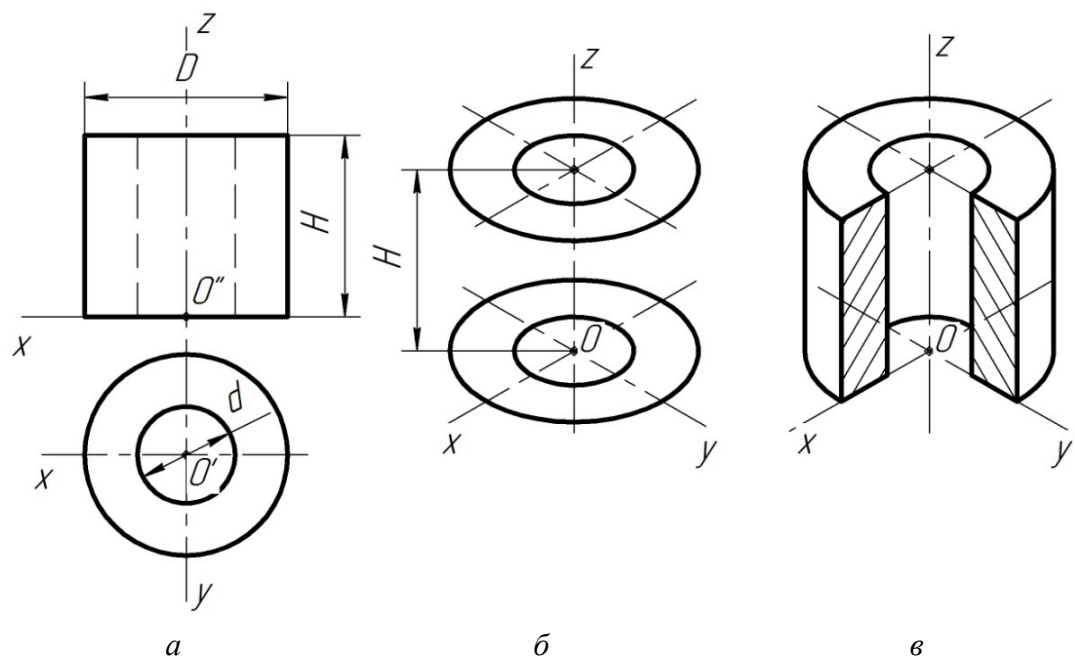


Рис. 2.55

Построение конуса. Для построения конуса проведем аксонометрические оси x , y , z под углом 120° (рис. 2.56, б), и на оси z отложим высоту цилиндра H . Основание конуса спроецируется в эллипс, которые можно заменить овалом. Построение конуса закончим проведением из точки S касательных прямых (контурных образующих) к овалу (рис. 2.56, в).

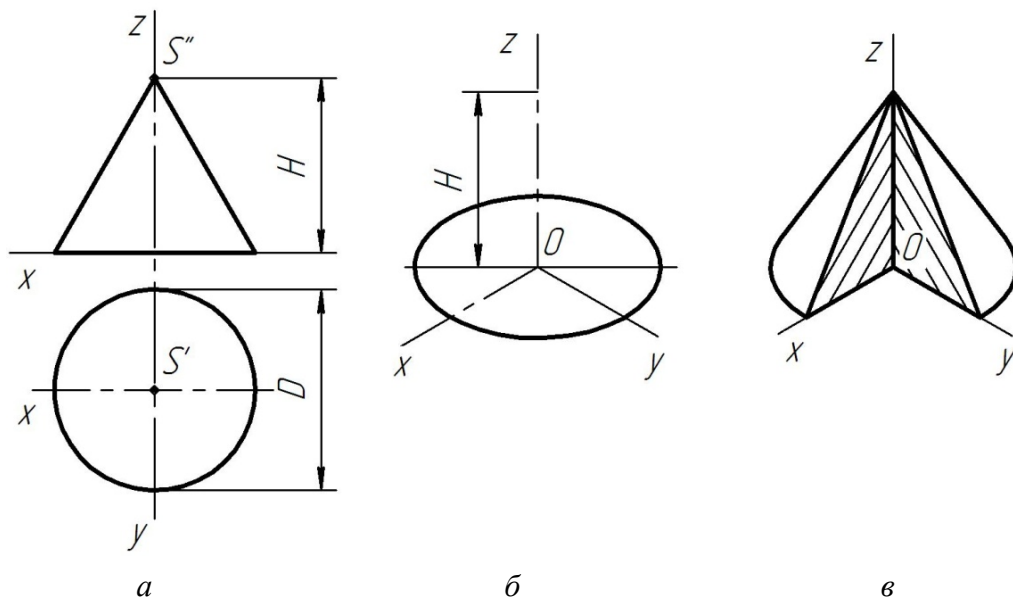


Рис. 2.56

Построение шара. Построение шара в изометрии сводится к тому, что проводятся аксонометрические оси x, y, z под углом 120° и из точки O описывается окружность диаметром $1,22d$, где d – диаметр шара (рис. 2.57, а). Заметим, что шар на всех плоскостях проекций (ортогональных и аксонометрических) при прямоугольном проецировании изображается в виде окружности (рис. 2.57, б, в).

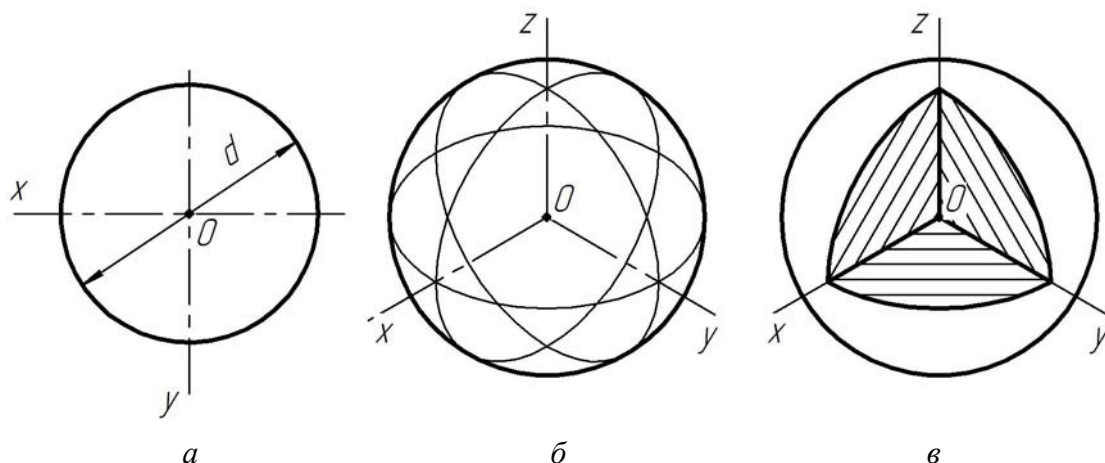


Рис. 2.57

2.5.2. Разрезы в аксонометрии

Внутреннюю форму предметов в аксонометрии показывают с помощью разрезов. Разрезы выполняются двумя и более секущими плоскостями, которые должны совпадать с координатными осями или быть им параллельны (рис. 2.58, 2.59).

Разрезы, выполненные в прямоугольных проекциях, могут не совпадать с разрезами аксонометрических изображений.

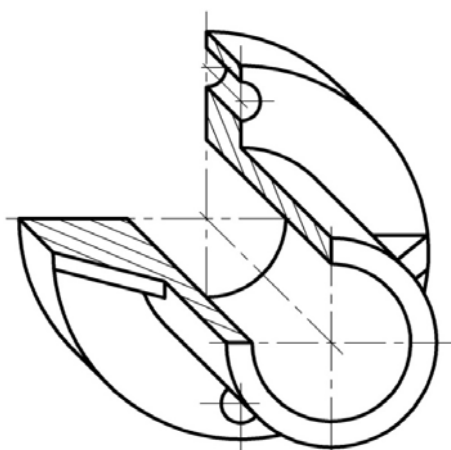


Рис. 2.58

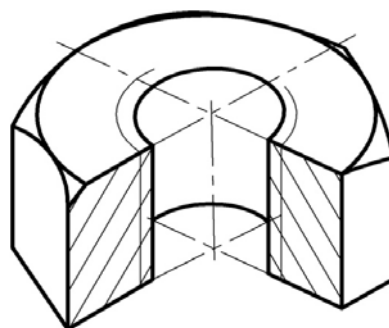


Рис. 2.59

При нанесении линий штриховки следует руководствоваться схемами, приведенными на рис. 2.60 для прямоугольной изометрии и на рис. 2.61 для косоугольной диметрии. Линии штриховки следует наносить параллельно одной из диагоналей проекций квадратов, которые лежат в соответствующих координатных плоскостях и стороны которых параллельны аксонометрическим осям.

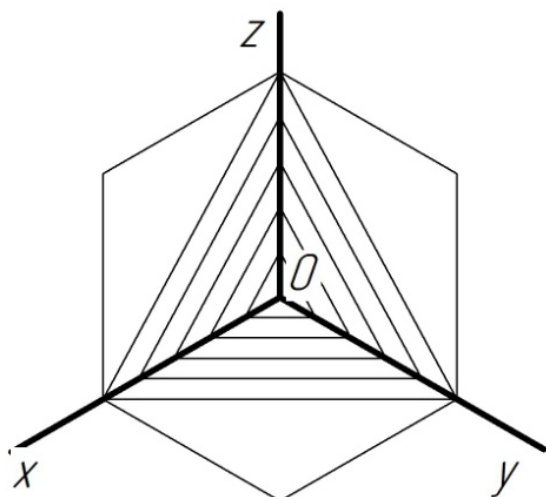


Рис. 2.60

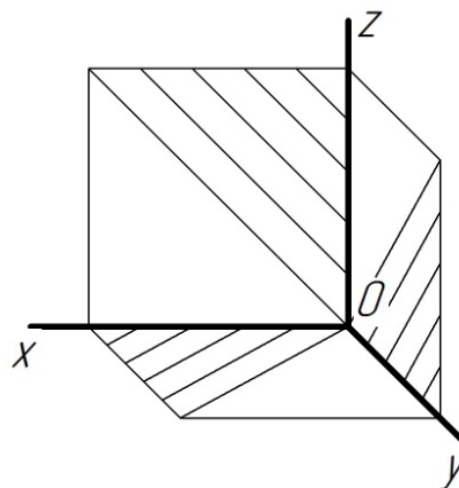


Рис. 2.61

В аксонометрических проекциях ребра жесткости, спицы и другие тонкостенные элементы деталей в отличие от прямоугольных проекций штрихуются на разрезах.

На рис. 2.59 приведен пример изображения резьбы в аксонометрии.

2.5.3. Косоугольная диметрия

Слово «диметрия» означает два измерения. Здесь имеется ввиду одинаковое положение по двум осям.

Положение аксонометрических осей в косоугольной фронтальной диметрии показано на рис. 2.62. Оси x и z расположены под углом 90° , ось y проходит под углом 45° к оси x . Размеры изображаемого предмета откладываются по осям x и y в масштабе $1 : 1$, по оси z — с уменьшением в два раза.

Построение окружности в диметрии. Окружности, лежащие в плоскости, параллельной фронтальной плоскости проекций, проецируются в косоугольной диметрии в такие же окружности. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной и профильной плоскостям проекций, проецируются в эллипсы (рис. 2.63).

Размер большой оси этих эллипсов равен $1,07d$, малой оси – $0,33d$, где d – диаметр проецируемой окружности. Большая ось эллипса, лежащего в профильной плоскости, расположена под углом 7° к оси z , а ось эллипса, лежащего в горизонтальной плоскости, составляет угол 7° с осью x . Точное построение эллипсов – очень трудоемкая работа, поэтому их заменяют четырехцентровым овалом.

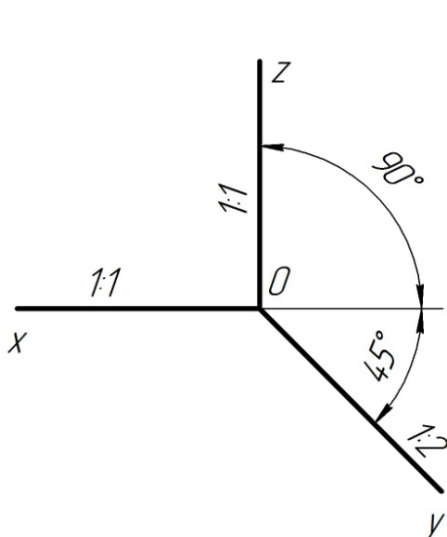


Рис. 2.62

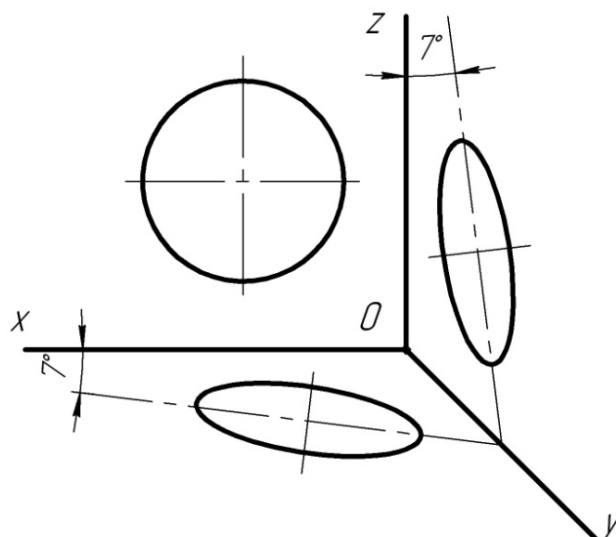
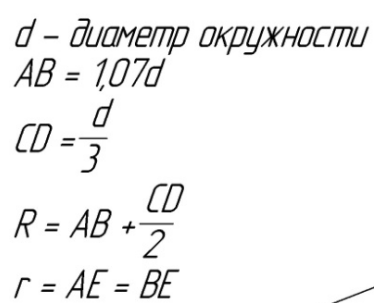


Рис. 2.63

Рассмотрим построение овала, лежащего в профильной плоскости (рис. 2.64). Большая ось эллипса AB будет направлена под углом 7° к вертикали, малая CD – под углом 90° к большой. Центры больших дуг окружностей будут лежать на продолжении малой оси овала CD на расстоянии от точки O , равном величине большой оси овала AB . Размер малого радиуса равен расстоянию AE , а его центры лежат на большой оси овала.

Отметим, что размеры осей эллипсов можно получить графически (рис. 2.65). Для этого необходимо построить масштабный прямоугольный треугольник ABC с катетами $AB = 100$ мм, $BC = 100/3 \approx 33,3$ мм. Гипотенуза такого треугольника по построению ≈ 107 мм, т. е. $1,07$ катета AB . Следовательно, для определения осей эллипсов требуется отложить от точки A по катету AB величину диаметра проецируемой окружности, например 80 или 120 мм (рис. 2.65), и построить вспомогательные треугольники AB_1C_1 , AB_2C_2 . Тогда для окружности диаметром 80 мм большая ось эллипса будет приблизительно равна гипотенузе AC_1 , а малая – катету B_1C_1 и для окружности диаметром 120 мм большая – гипотенузе AC_2 , а малая – катету B_2C_2 .

 BC – величина малой оси эллипса

59

Построение косоугольной фронтальной диметрии. Построение любой аксонометрической проекции начинается с проведения аксонометрических осей x_1 , y_1 , z_1 . В косоугольной фронтальной диметрии ось x_1 составляет с осью z_1 угол 90° , с осью y_1 — 45° .

При построении этого вида аксонометрии фронтальная ортогональная проекция изображаемой детали без искажения в масштабе $1 : 1$ переносится на аксонометрические оси (рис. 2.66). Затем откладывается ширина детали по оси y_1 с коэффициентом искажения, равным 0,5.

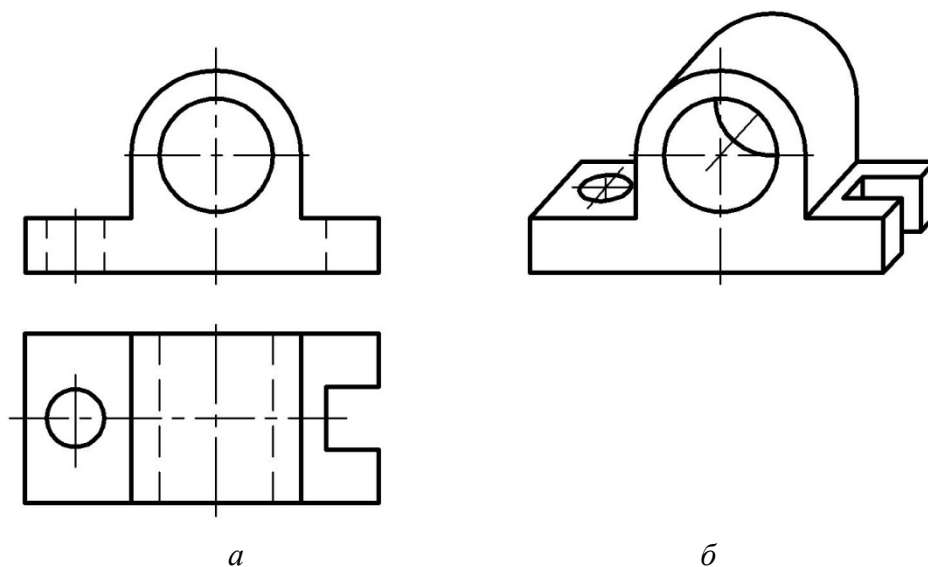


Рис. 2.66

Необходимо помнить, что параллельные очертания деталей должны быть параллельными и на аксонометрических изображениях.

3. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ НА ЧЕРТЕЖАХ

3.1. Общие сведения о размерах

Чертежи дают представление лишь о форме изображаемой детали и не позволяют судить о ее размерах. Правила нанесения размеров на чертежах устанавливает ГОСТ 2.307–68. Размеры указываются с помощью выносных и размерных линий, а также размерных чисел.

Выносные линии определяют границы отдельных элементов и в целом изображения. *Размерные линии* графически определяют размеры и положение отдельных элементов изображения (отверстий, выступов, впадин и т. д.), а также размеры изображения в целом. *Размерные числа* показывают натуральные размеры предмета независимо от масштаба и точности изображений.

Начертание размерных и выносных линий и цифр определяется стандартом. Толщина выносных и размерных линий составляет от $s/3$ до $s/2$ (s – толщина основной линии). Размерные числа наносятся на чертежах высотой 3,5 мм. Расстояние между цифрами одного числа равно примерно двум толщинам линии цифр соответствующего шрифта.

Числа 6, 86, 9 и т. п. в перевернутом или наклонном положении меняют свое значение. Поэтому при наклонном расположении размерных линий такие числа следует записывать над горизонтальной полкой линии-выноски (рис. 3.1).

Размерные линии чаще всего на концах снабжаются стрелками, в некоторых случаях они имеют только одну стрелку. Величины элементов стрелок размерных линий выбираются в зависимости от толщины линии видимого контура. Форма стрелок показана на рис. 3.2.

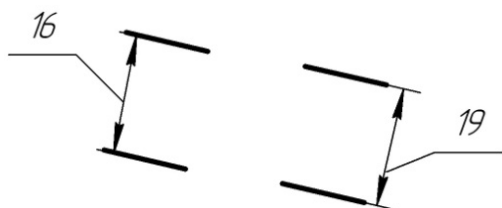


Рис. 3.1

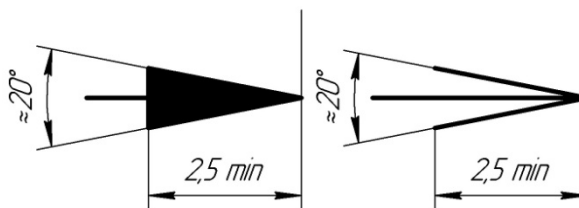


Рис. 3.2

Минимальное расстояние между линией контура изображения и размерной линией должно быть 10 мм, а между параллельными размерными линиями – 7 мм. Эти расстояния выбираются в зависимости

от размеров изображения и насыщенности чертежа. Выносные линии должны выходить за концы стрелок примерно на 1–5 мм (рис. 3.3).

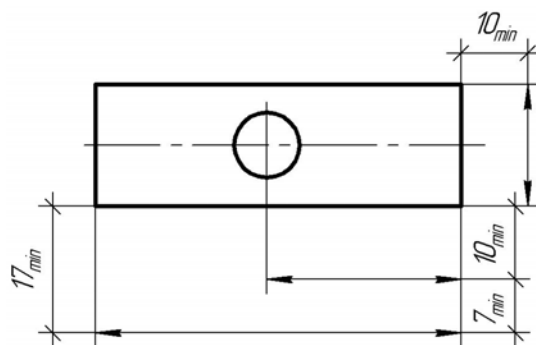


Рис. 3.3

Размерные числа наносятся над размерной линией параллельно ей с просветом 0,5–1,5 мм по возможности ближе к середине (рис. 3.4). Предпочтительно размерные линии и размерные числа наносить вне контура изображения, чтобы они не перекрывали изображения и хорошо читались. Размерные и выносные линии следует располагать так, чтобы они по возможности не пересекались. В местах нанесения размерных чисел осевые, центровые линии (рис. 3.4), а также линии штриховки (рис. 3.5) прерываются, так как каждый штрих посторонней линии в цифрах может показаться единицей или цифрой 8 (при пересечении цифр 2, 3, 5, 6, 9 и 0). Все данные чертежа находятся в зависимости от его назначения. *Рабочие* чертежи снабжаются исчерпывающими данными о размерах, необходимых для изготовления и контроля детали. На *сборочные* чертежи наносятся размеры, необходимые для сборки и контроля изделий.

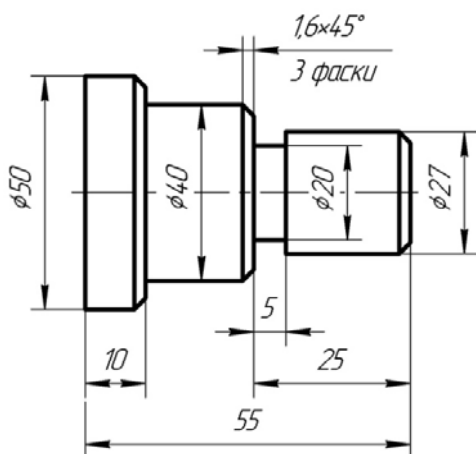


Рис. 3.4

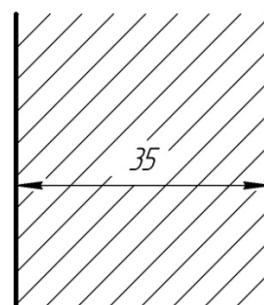
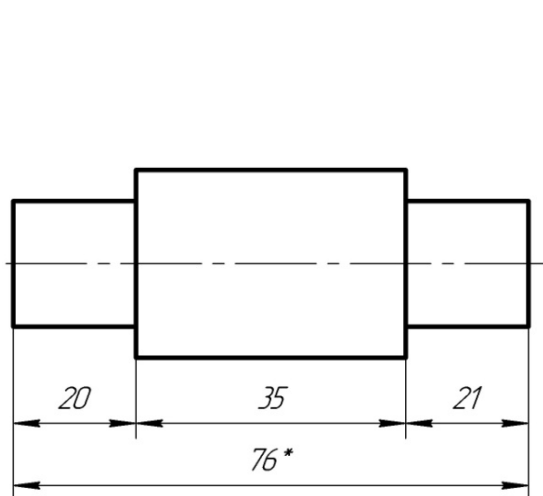


Рис. 3.5

Размеры, не подлежащие выполнению по данному чертежу и указываемые для большего удобства пользования им, называются *справочными*. Справочные размеры отмечаются на чертеже звездочкой (рис. 3.6), а в технических требованиях записывают: **Размеры для справок*.

Линейные размеры на чертежах указывают в миллиметрах без обозначения единиц измерения, но если размер приводится в тексте, то единицы измерения указываются. Например: *Внешние радиусы сгибов 5 мм*. Если на чертеже размеры необходимо указать не в миллиметрах, а в других единицах измерения (сантиметрах, метрах и т. д.), то единицу измерения следует указывать (например, 10 см, 1 м). Проставляются размеры только в виде целых чисел и десятичных дробей. Размерные числа линейных размеров при наклонных размерных линиях должны наноситься так, чтобы при мысленном повороте размерной линии до ближайшего горизонтального положения цифры не оказались бы перевернутыми. На рис. 3.7 показаны примеры простановки наклонных размеров. При наклоне размерной линии под углом от вертикали менее 30° размерные числа наносят над полкой линии-выноски. Способ нанесения размерного числа при различных положениях размерных линий определяется наибольшим удобством чтения чертежа.



**Размер для справок*

Рис. 3.6

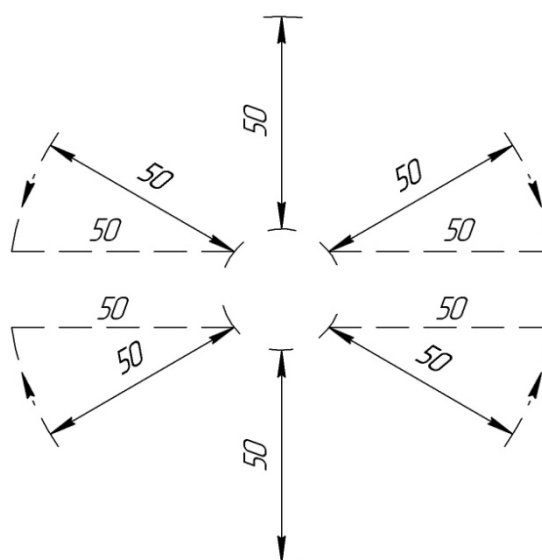


Рис. 3.7

Выносные линии для одного линейного размера всегда параллельны и, как правило, перпендикулярны к размерной линии. Размерные линии для прямолинейных участков изображения проводятся параллельно прямым линиям этого участка. При нанесении размера

дуги окружности размерную линию проводят concentрично дуге, а выносные линии – параллельно биссектрисе угла, над размерным числом наносят знак \cap (рис. 3.8). В тех случаях, когда между стрелками размерной линии места для размерного числа недостаточно, оно выносится за выносные линии (по возможности вправо). Примеры правильного нанесения размеров показаны на рис. 3.9, 3.10.

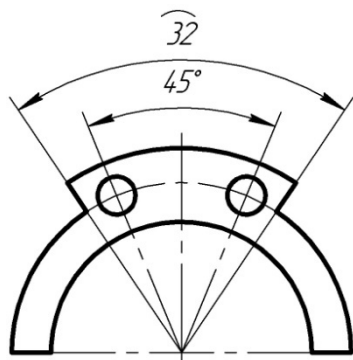


Рис. 3.8

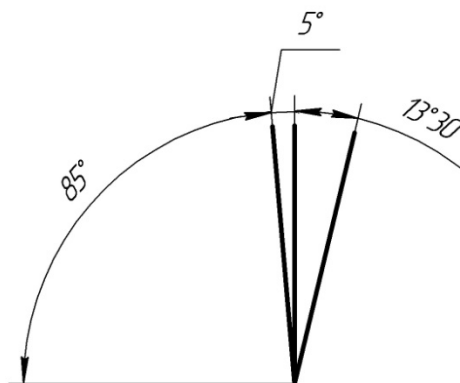


Рис. 3.9

Если на размерной линии недостаточно места для нанесения стрелок, то стрелки наносят на ее продолжении. Если нет места и для расположения стрелок, то их заменяют точками или засечками, наносимыми под углом 45° к размерным линиям (рис. 3.10).

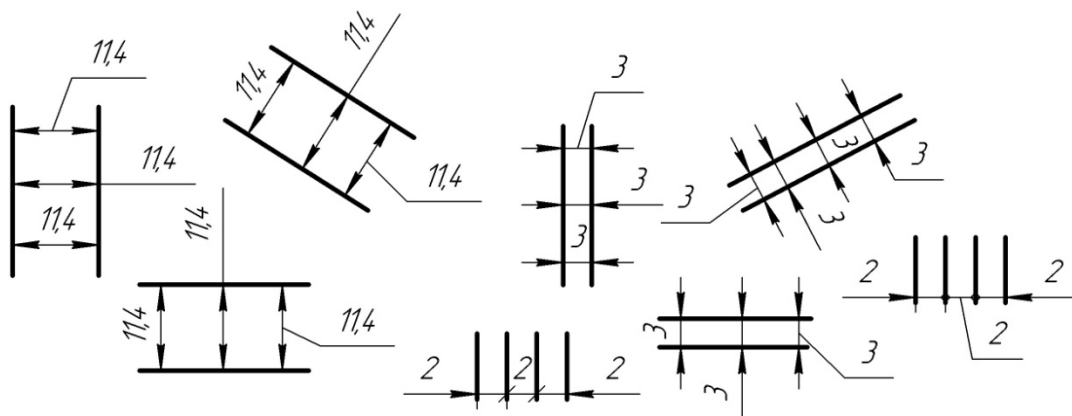


Рис. 3.10

Угловые размеры на чертежах наносятся с указанием единиц измерения – градусов, минут и секунд, которые выражаются целыми числами. Наклонные угловые размеры следует наносить над размерной линией так, чтобы при перемещении их по дуге до ближайшего вертикального положения цифры не оказались перевернутыми

(рис. 3.11). Здесь необходимо использовать правило: в области, расположенной выше горизонтальной осевой линии, размерные числа помещают над размерными линиями со стороны их выпуклости; в области ниже горизонтальной осевой линии – со стороны вогнутости размерных линий.

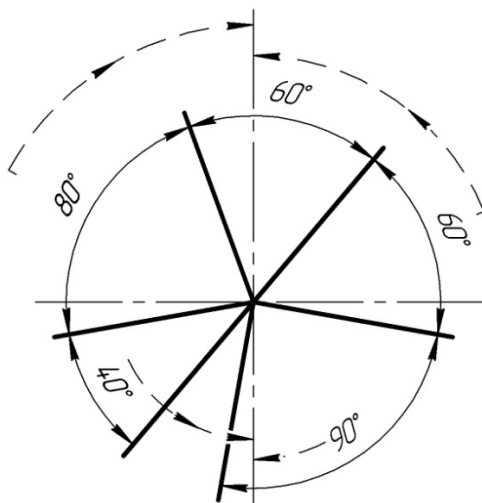


Рис. 3.11

Размерное число располагается над средней частью размерной линии. Для углов малых размеров при недостатке места размерные числа помещают на полках линий-выносок (рис. 3.9).

3.2. Условные знаки и надписи при нанесении размеров

Обозначение диаметра. При указании размера диаметра перед размерным числом наносят знак \varnothing , который представляет собой окружность, пересеченную прямой линией. Высота этой прямой соответствует высоте размерных чисел, а угол наклона ее к основанию строки составляет 60° . Для шрифта типа А размер окружности равен $8/14$ высоты размерных чисел чертежа, для шрифта типа Б – $7/10$. Нанесение знака диаметра позволяет уменьшить количество изображений детали (рис. 3.12).

Знак диаметра и размерное число наносят над размерной линией (рис. 3.13) или над полкой линии-выноски (рис. 3.14). Размерную линию допустимо проводить с обрывом независимо от того, изображена ли окружность полностью или частично (рис. 3.13). При этом обрыв размерной линии делается дальше центра окружности.

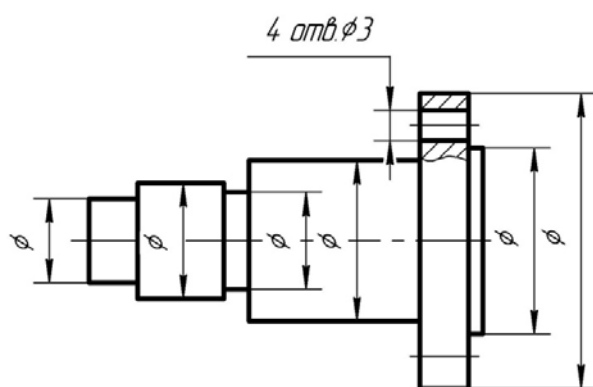


Рис. 3.12

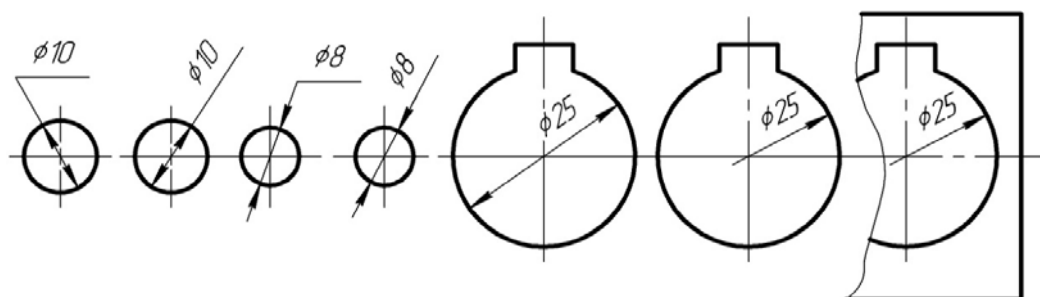


Рис. 3.13

Если деталь имеет несколько одинаковых цилиндрических отверстий, то их размер наносится на чертеже на одном из отверстий с указанием их общего количества (рис. 3.14). Отметим, что одинаковыми считаются отверстия, имеющие одинаковые диаметр и глубину (длину).

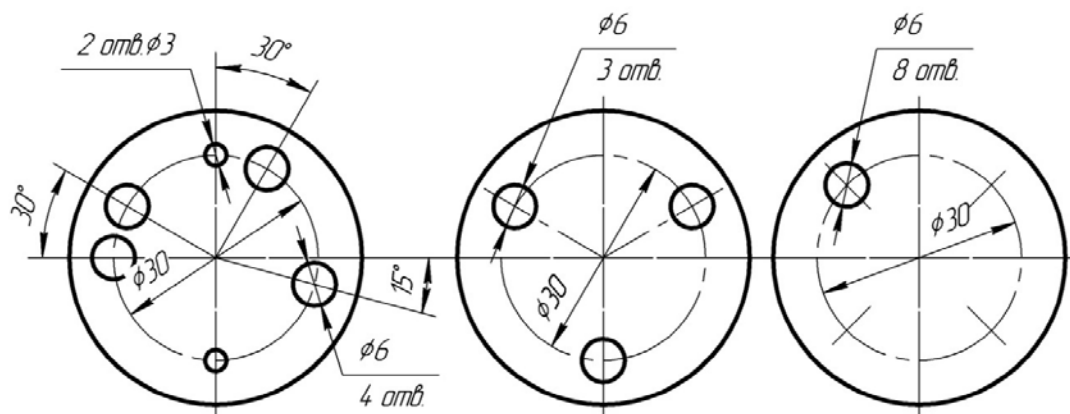


Рис. 3.14

На рис. 3.15 приведены примеры упрощенного нанесения размеров по ГОСТ 2.318–81. Такие упрощения допускается применять в трех случаях:

- диаметр отверстия на изображении 2 мм и менее;
- отсутствует изображение в разрезе (сечении вдоль оси);
- нанесение размеров отверстий по общим правилам усложняет чтение чертежа.

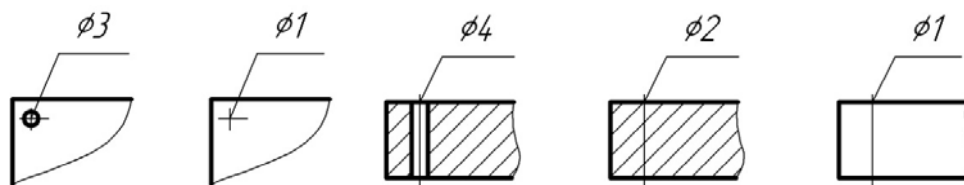


Рис. 3.15

Поверхности, имеющие цилиндрическую форму неполной окружности, обозначаются знаком диаметра или радиуса. Если длина дуги цилиндрической поверхности больше 180° , то всегда наносится знак диаметра. Если же дуга меньше 180° , то иногда наносится знак диаметра, а иногда – радиуса. Знак диаметра наносится для поверхностей, образованных при помощи режущего инструмента, имеющего форму тел вращения (фрезы, сверла), а для поверхностей, полученных литьем, наносится знак радиуса.

Обозначение радиуса. Перед размерным числом, указывающим величину радиуса, наносится прописная буква латинского алфавита R . Высота этой буквы и размерного числа, а также их наклон должны быть одинаковыми.

На рис. 3.16 приведены примеры нанесения наружных и внутренних радиусов округлений.

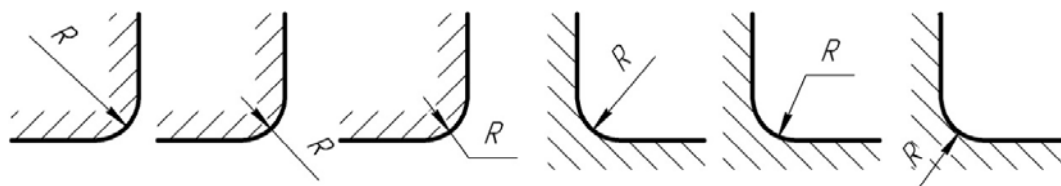


Рис. 3.16

Радиусы скруглений, размеры которых в масштабе чертежа 1 мм и менее, на чертеже не изображают и их размеры наносят так, как показано на рис. 3.17, *а*. Размеры одинаковых радиусов допускается указывать на общей полке линии-выноски (рис. 3.17, *б*).

При проведении нескольких радиусов из одного центра размерные линии любых двух радиусов не должны располагаться на одной прямой (рис. 3.18). Здесь необходимо отметить, что при совпадении

центров нескольких радиусов размерные линии всех радиусов, кроме крайних, можно не доводить до их центра (рис. 3.18). Допускается условно приближать центр к дуге и размерную линию показывать с изломом под углом 90° (рис. 3.19), если не требуется указывать размеры, определяющие положение центра.

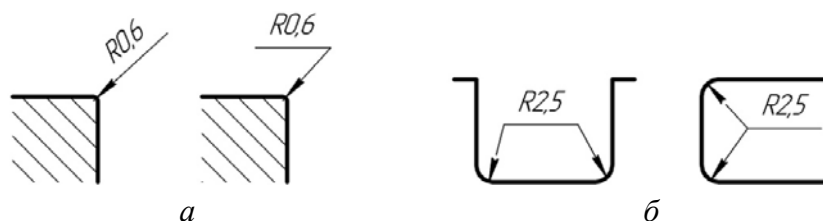


Рис. 3.17

Если радиусы скруглений на всем чертеже одинаковы или какой-либо из них является преобладающим, то вместо нанесения размеров радиусов на изображении рекомендуется в технических требованиях делать записи следующего вида: *Радиусы скруглений 5 мм*; *Неуказанные радиусы 6 мм* и т. д.

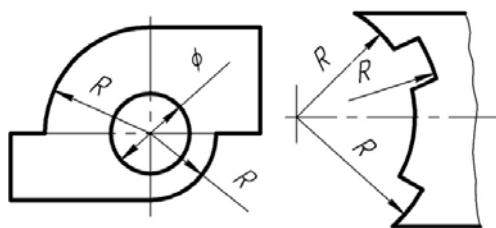


Рис. 3.18

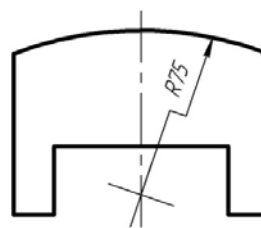


Рис. 3.19

Обозначение сферы. Перед размерным числом диаметра или радиуса сферы наносят знак \varnothing или R без нанесения знака сферы (рис. 3.20). Знак сферы \bigcirc (например, $\bigcirc R15$) необходимо ставить в тех случаях, когда на чертеже трудно отличить сферу от других поверхностей.

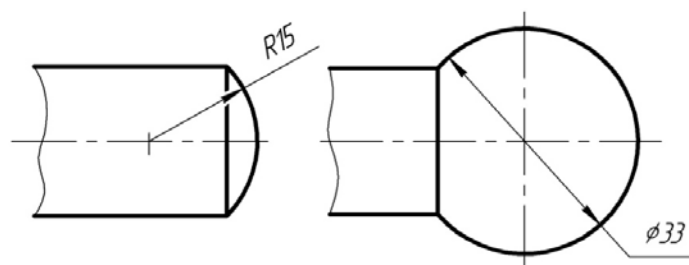


Рис. 3.20

Обозначение дуги. При нанесении размера длины дуги окружности над размерным числом ставится знак дуги, например, $\overline{50}$ (рис. 3.8). Читают эту запись так: длина окружности равна 50 мм.

Обозначение фасок. Фасками называют скошенные (притупленные) кромки стержня, бруска, листа, отверстия. Фаска задается двумя линейными размерами (рис. 3.21) или одним линейным и одним угловым (рис. 3.22). Размер фаски с углом наклона 45° наносится двумя цифрами через знак умножения, например $2 \times 45^\circ$. Первое число размера фаски, выполненной на поверхности вращения, указывает на высоту усеченного конуса в миллиметрах, второе – на угол наклона образующей конуса к его оси в градусах.

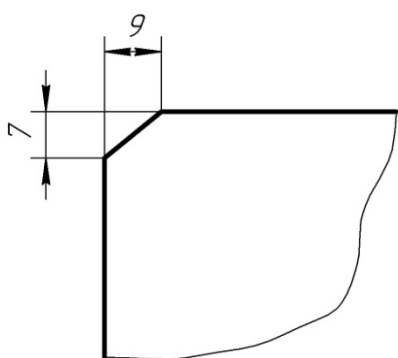


Рис. 3.21

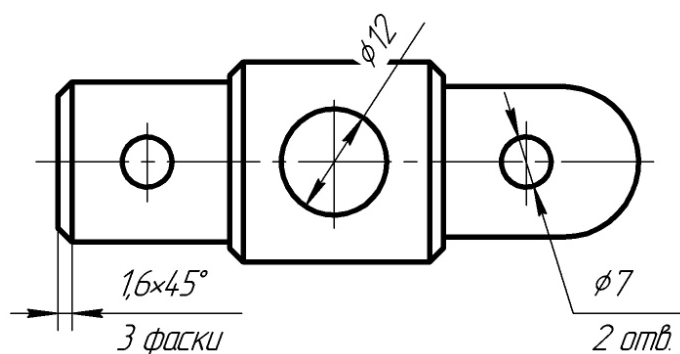


Рис. 3.22

Фаски малых линейных размеров (1 мм и менее), выполненные под углом 45° , допускается не изображать. Размеры таких фасок указывают над полкой линии-выноски, проведенной от грани (рис. 3.23).

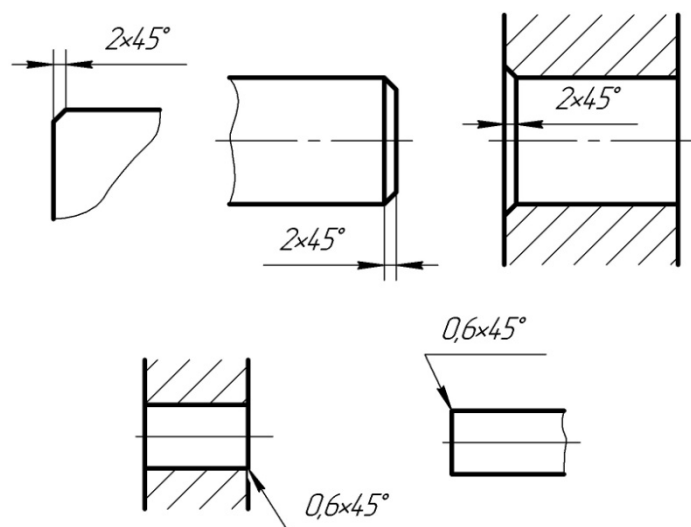


Рис. 3.23

Если на чертеже имеется несколько одинаковых фасок с углом 45° , то обозначения наносятся на одну из них с указанием общего количества фасок (рис. 3.22). Каждая фаска, выполненная под углом, отличным от 45° , показывается линейным и угловым размерами или двумя линейными (рис. 3.24).

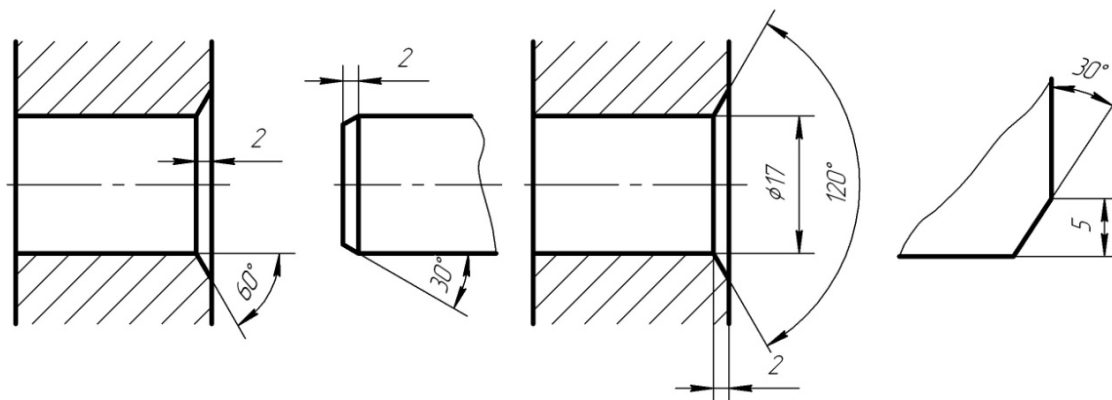


Рис. 3.24

Обозначение конусности. Перед размерным числом, характеризующим конусность, наносят знак \triangleright (рис. 3.25), острый угол которого должен быть направлен в сторону вершины конуса. Знаки и размерные числа пишутся над осью конической поверхности или на полке линии-выноски, расположенной параллельно оси конуса. Размеры конических поверхностей по ГОСТ 2.320–82 рекомендуется наносить так, как это показано на рис. 3.25.

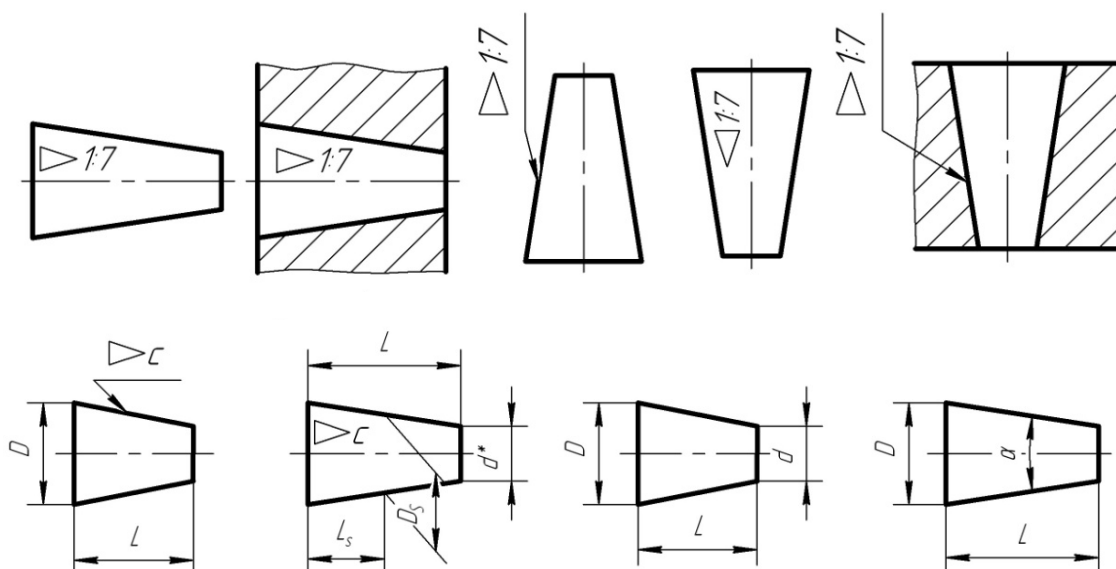


Рис. 3.25

Обозначение уклона. Перед размерным числом, определяющим уклон, наносят знак \angle (рис. 3.26), острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона. Знак и размерные числа уклона наносятся над полкой линии выноски или у изображения поверхности уклона. Линия знака уклона, которая располагается ближе к полке линии-выноски или поверхности уклона, должна быть параллельна им. Размерность уклона указывается в виде соотношения ($\angle 1 : 10$) или в процентах ($\angle 12\%$).

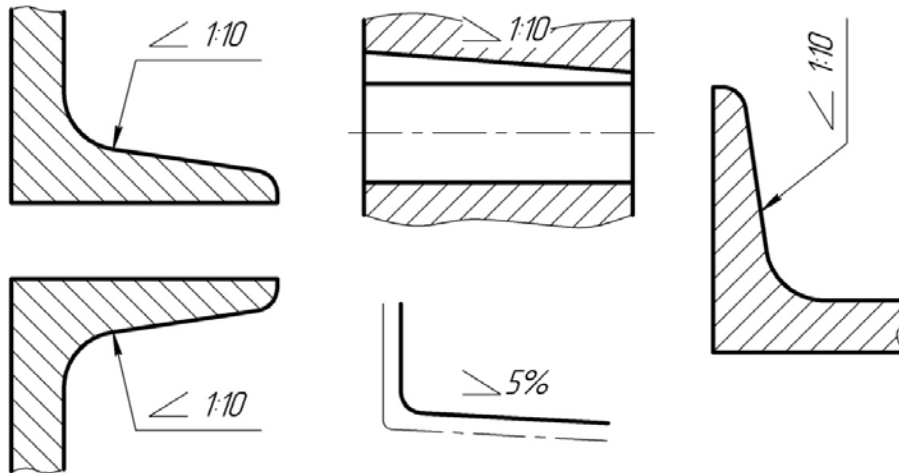


Рис. 3.26

Обозначение квадратов. На элементы деталей, имеющие в поперечном сечении форму квадрата, размеры наносятся одним числом и знаком \square . Высота знака \square должна быть равна высоте размерных чисел на чертеже. Плоские грани (поверхности детали, предусматривающиеся обычно под гаечный ключ) могут быть отмечены на чертежах пересекающимися тонкими линиями (рис. 3.27).

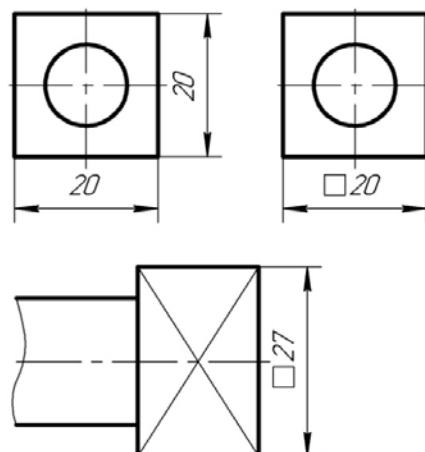


Рис. 3.27

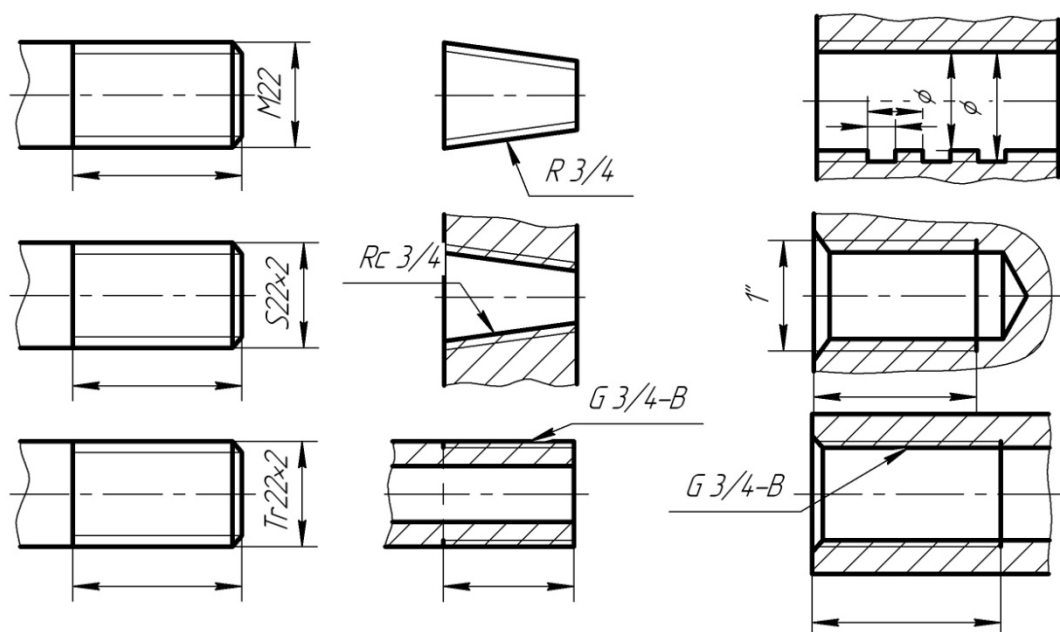


Рис. 3.28

Обозначение резьбы. Перед размерными числами резьбы (рис. 3.28) наносится условное обозначение профиля резьбы: М – метрическая, Tr – трапецеидальная, S – упорная, G – трубная цилиндрическая, R или Rc – трубная коническая. Исключение составляет прямоугольная резьба, которая является нестандартной, и все ее размеры задаются конструктором. Дюймовая резьба (резьба Витворта) предназначена для крепежных соединений. Она стандартизирована (ОСТ НКТП 1260), но применяется лишь при ремонте изделий. В условных обозначениях на размерных линиях указывается число дюймов, которое имеет размер наружного диаметра резьбы (рис. 3.28). В обозначении метрической резьбы с мелким шагом, а также резьб трапецеидальной и упорной кроме размера диаметра указывается еще и шаг резьбы.

4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Задача 1. Задана фронтальная проекция линии, принадлежащей боковой поверхности фигуры. Построить горизонтальную и профильную проекции линий. Задания к задаче 1 для гранных поверхностей приведены на стр. 74–89, а для поверхностей вращения на стр. 90–105.

Задача 2. По аксонометрическому изображению детали построить три ее вида, нанести размеры. Выбрать главный вид. Определить соответствующий масштаб изображения, оставив место для нанесения размеров. Нанести размеры на всех изображениях на чертеже. Задания к задаче 2 приведены на стр. 106–121.

Задача 3. По двум заданным видам детали построить вид слева, выполнить простые разрезы, нанести размеры. Установить, какие и сколько нужно выполнить разрезов. Если возможно, соединить половину разреза с половиной соответствующего вида. Задания к задаче 3 приведены на стр. 122–137.

Задача 4. По двум заданным видам детали построить вид слева, выполнить целесообразные сложные разрезы, нанести размеры. Задания к задаче 4 приведены на стр. 138–169.

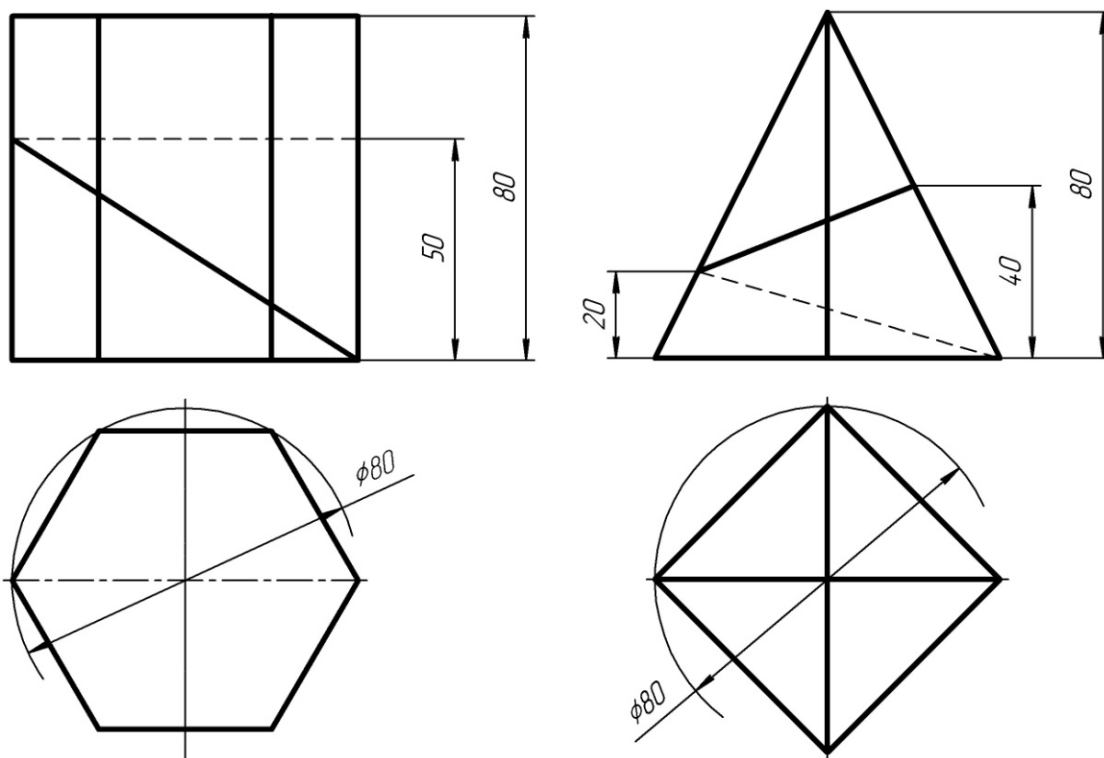
Задача 5. Построить аксонометрическую проекцию детали, заданную в задаче 3. Аксонометрическую проекцию детали выполнить в прямоугольной изометрической проекции с целесообразным вырезом для изображения внутренней формы детали.

Задача 6. По аксонометрическому изображению вала выполнить его чертеж с целесообразными сечениями и выносными элементами, нанести размеры. Размеры конструктивных элементов вала (шпоночные пазы, канавки для выхода шлифовального круга) выбираются по таблицам соответствующих стандартов. Задания к задаче 6 приведены на стр. 170–201.

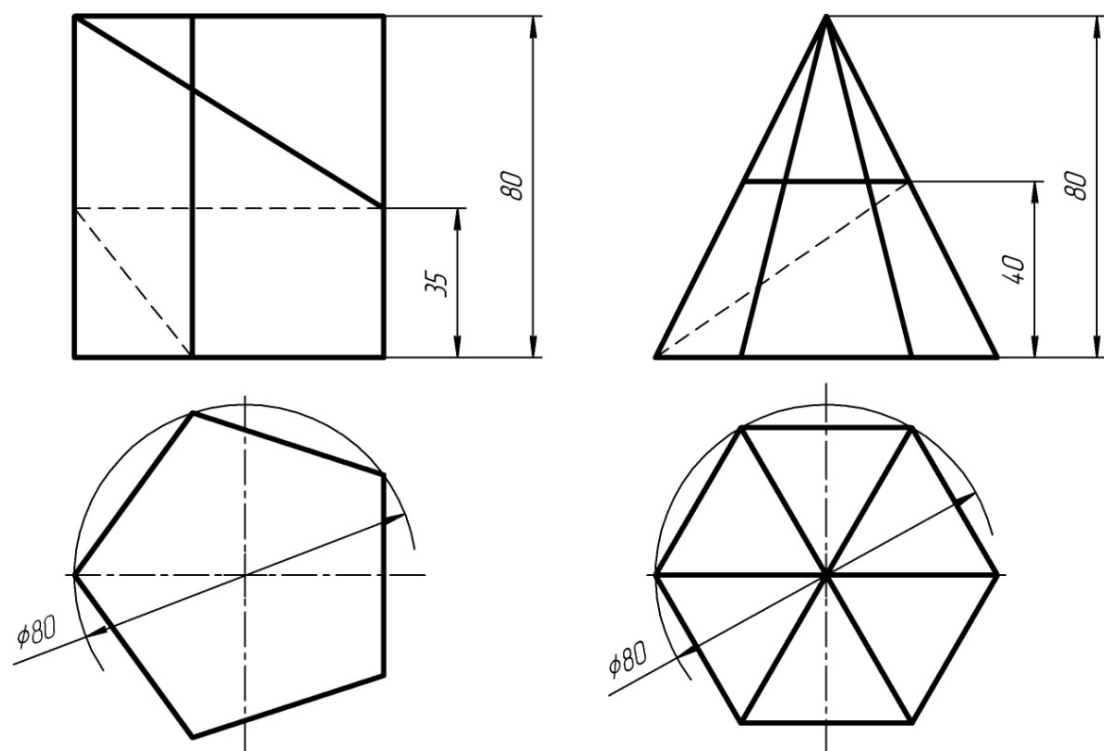
Задача 7. Достроить горизонтальную проекцию и построить профильную проекцию усеченной поверхности фронтально-проецирующими плоскостями. Задания к задаче 7 приведены на стр. 202–217.

Задача 8. Построить три вида геометрического тела со взаимно перпендикулярными отверстиями. Выполнить целесообразные разрезы. Задания к задаче 8 приведены на стр. 218–233.

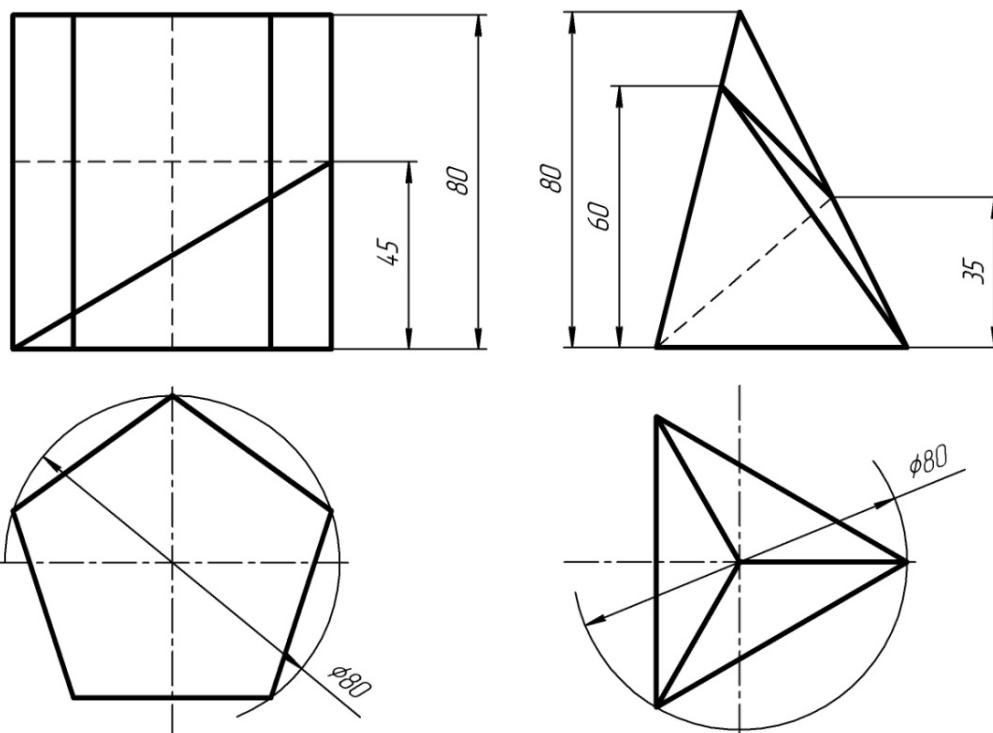
Вариант 1



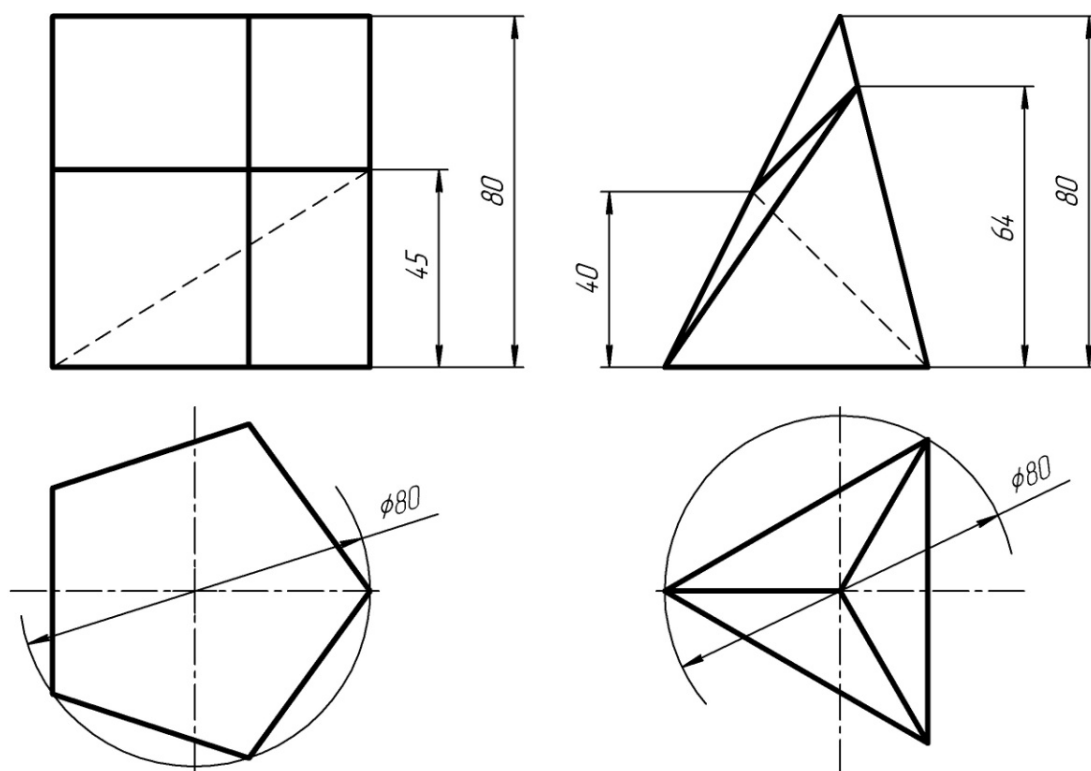
Вариант 2



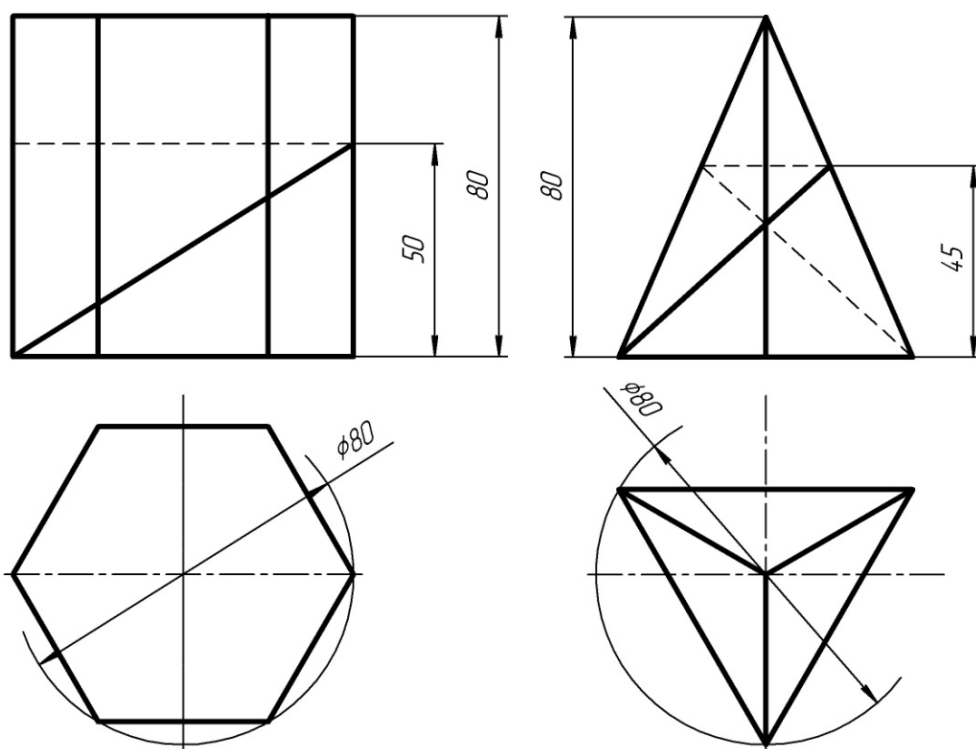
Вариант 3



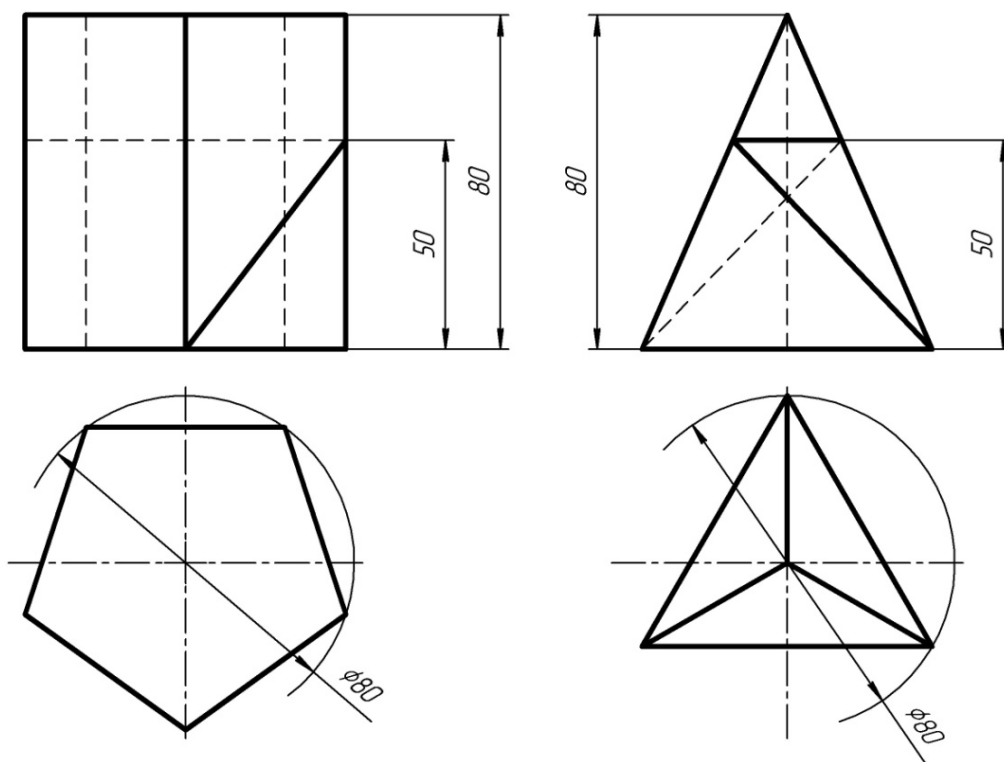
Вариант 4



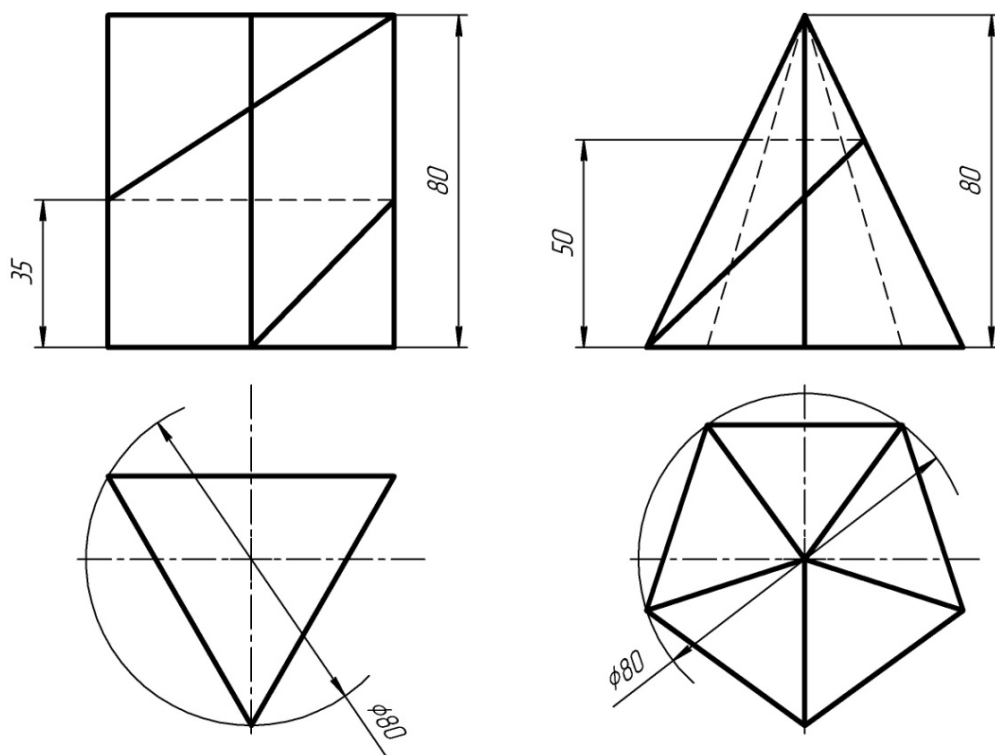
Вариант 5



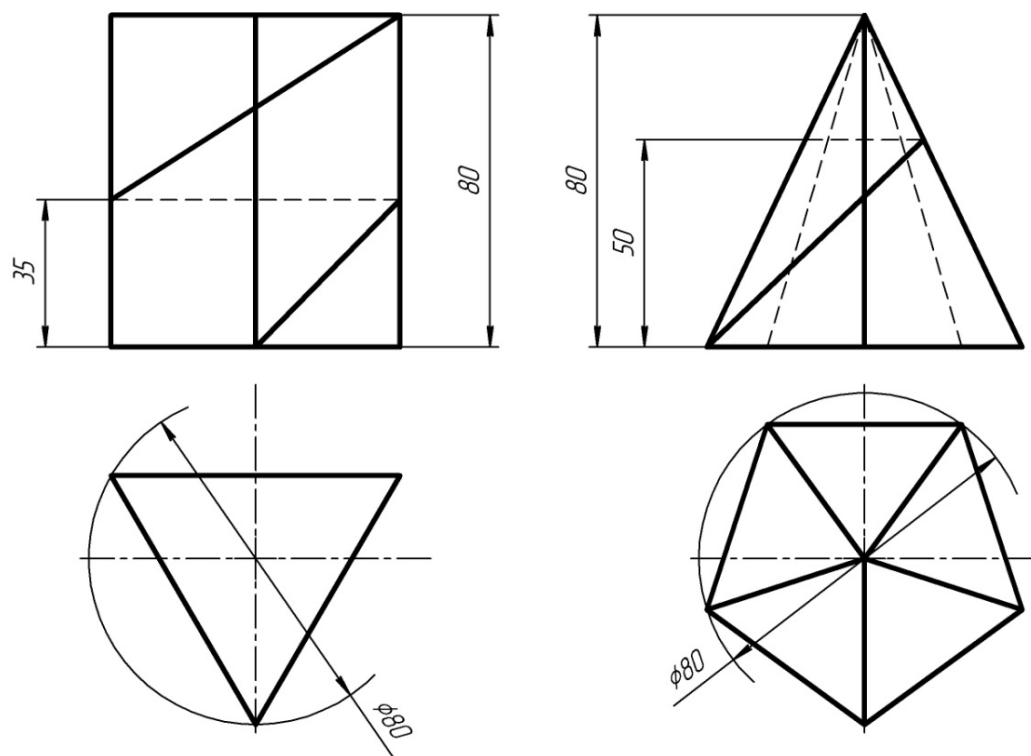
Вариант 6



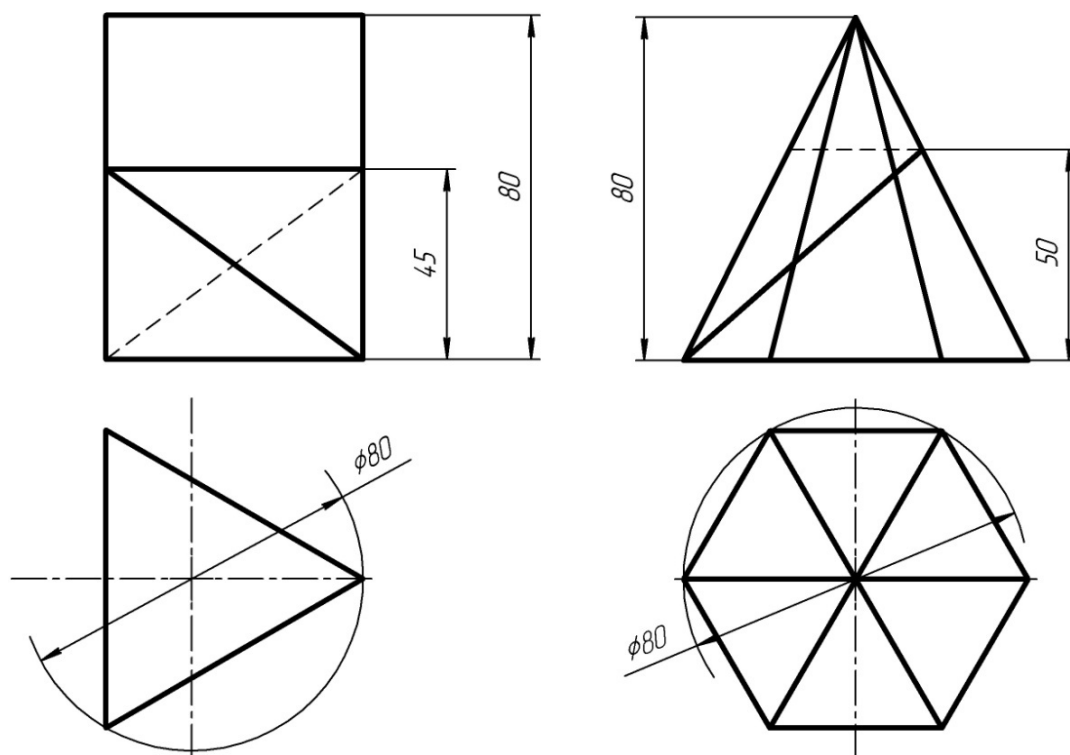
Вариант 7



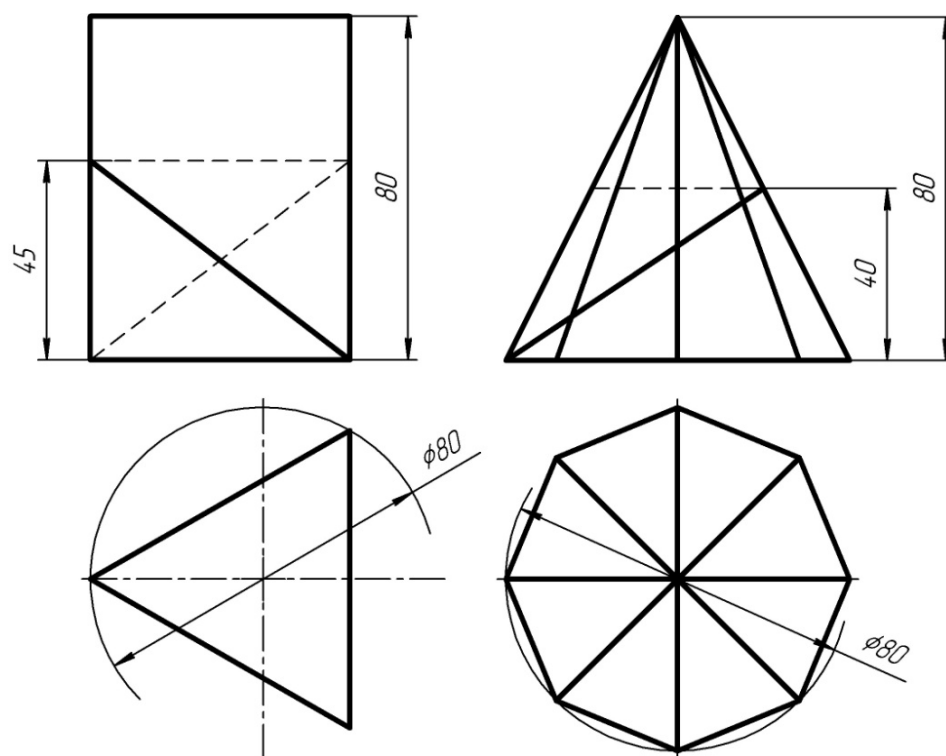
Вариант 8



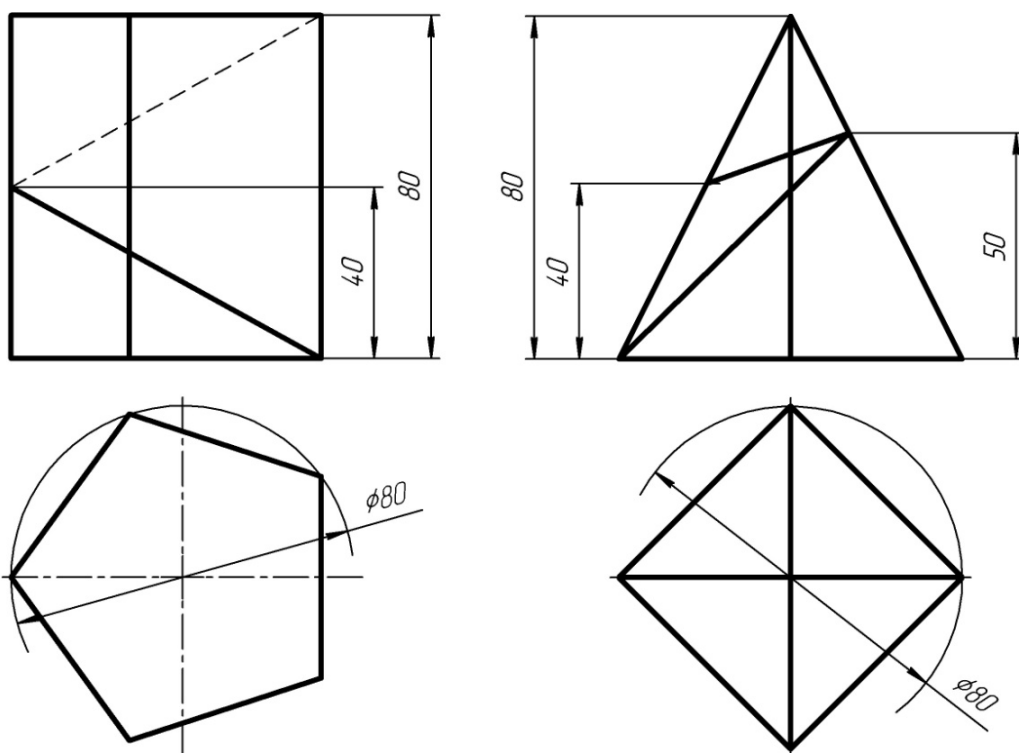
Вариант 9



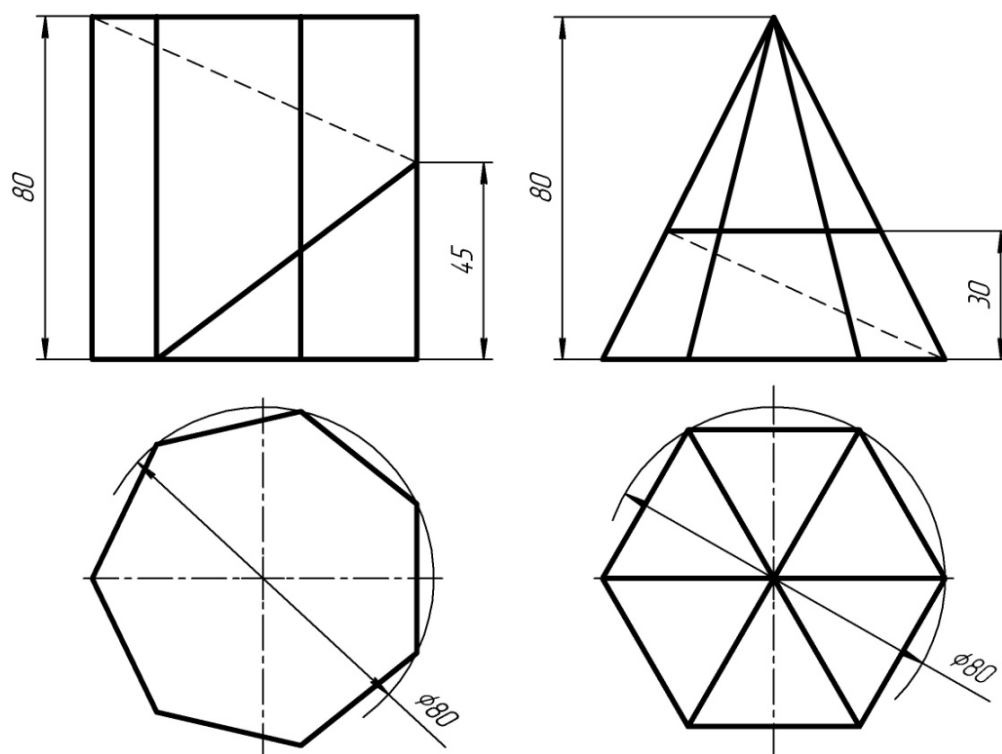
Вариант 10



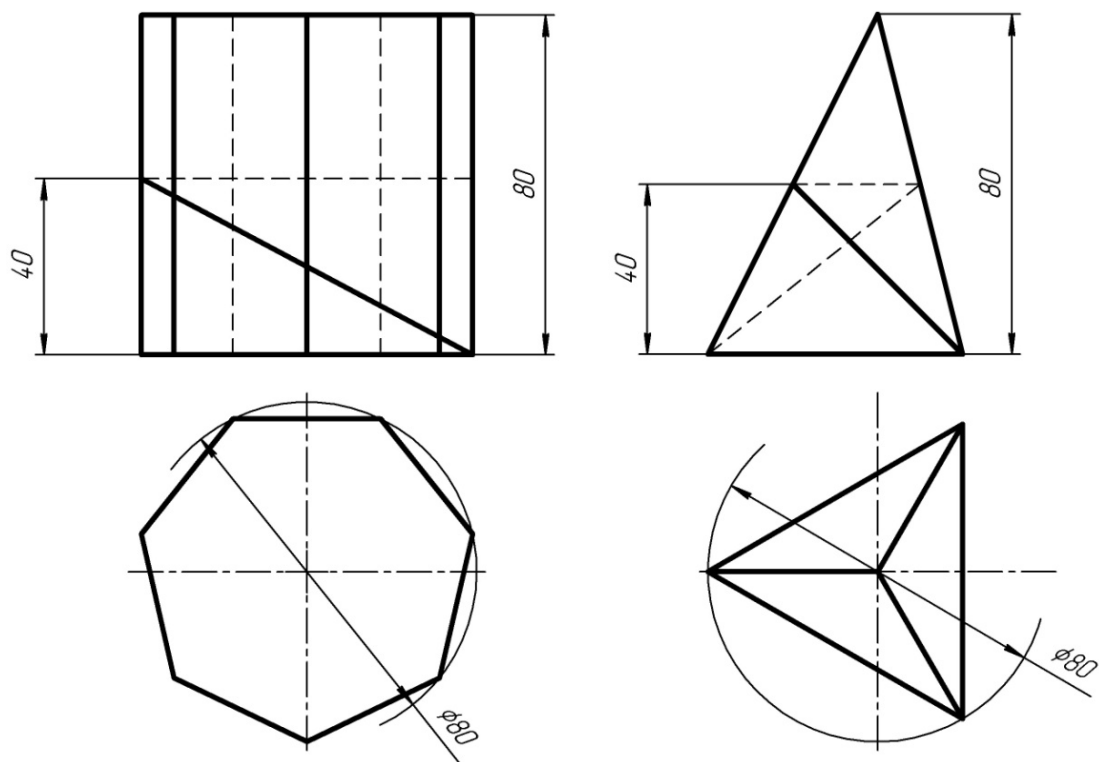
Вариант 11



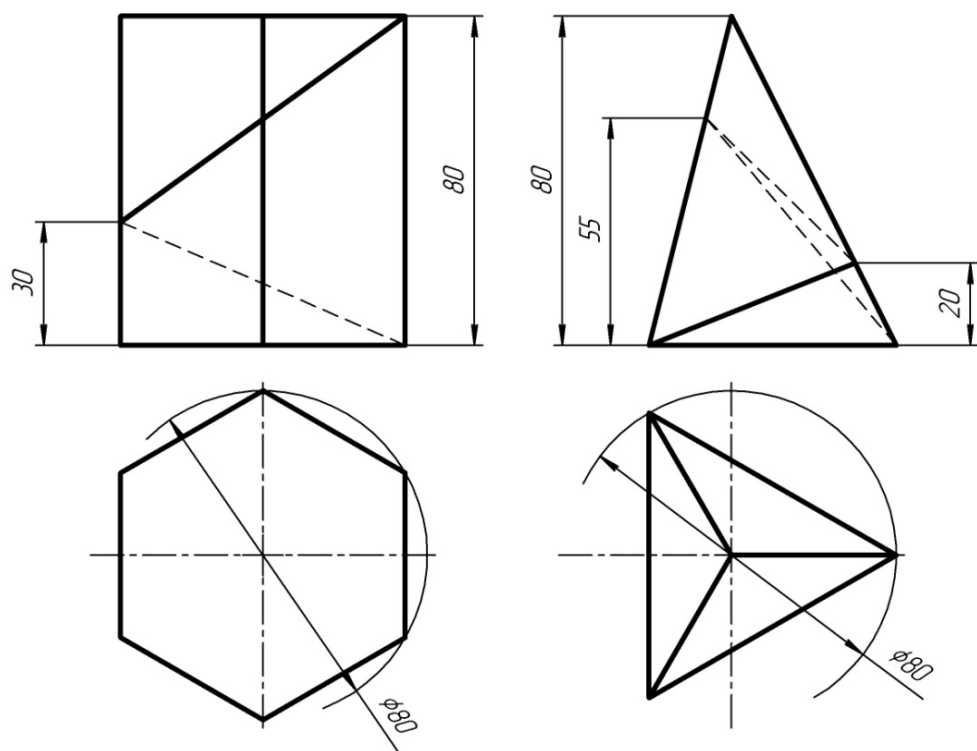
Вариант 12



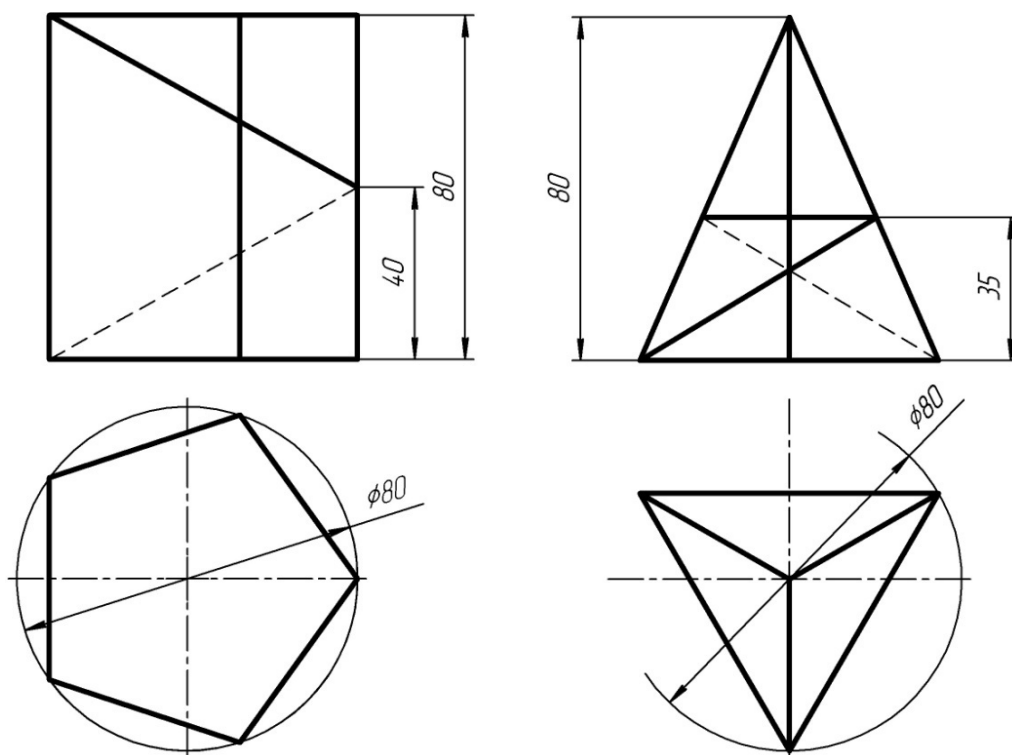
Вариант 13



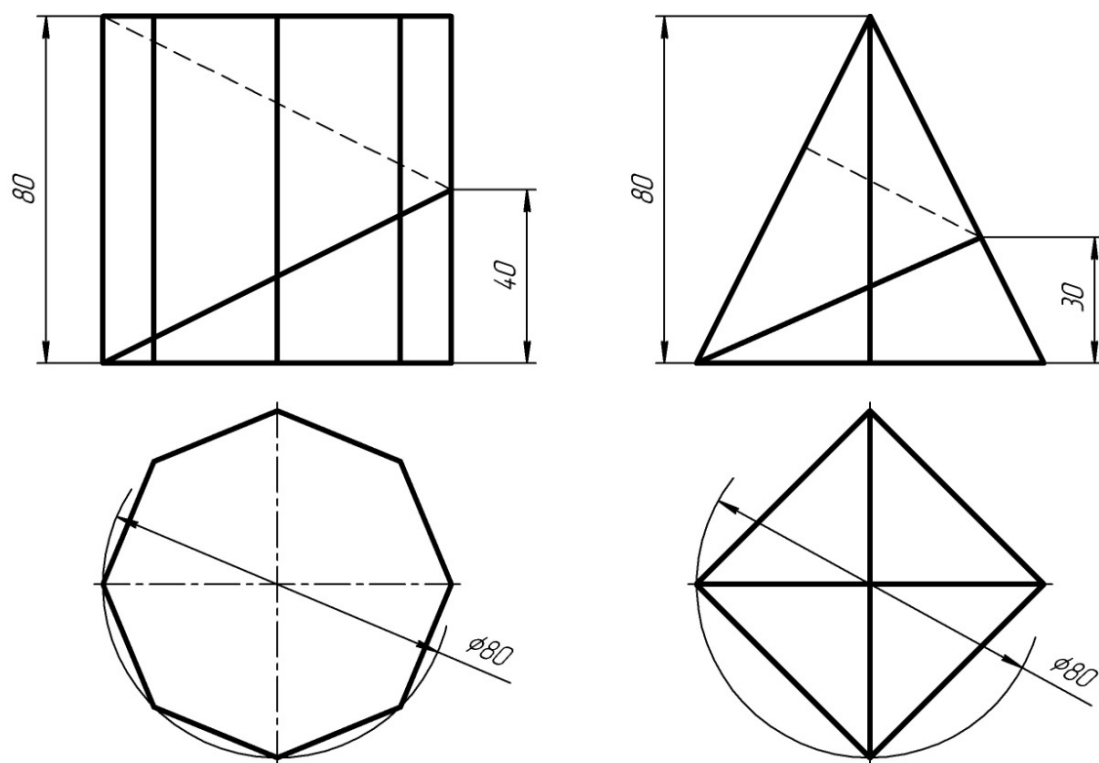
Вариант 14



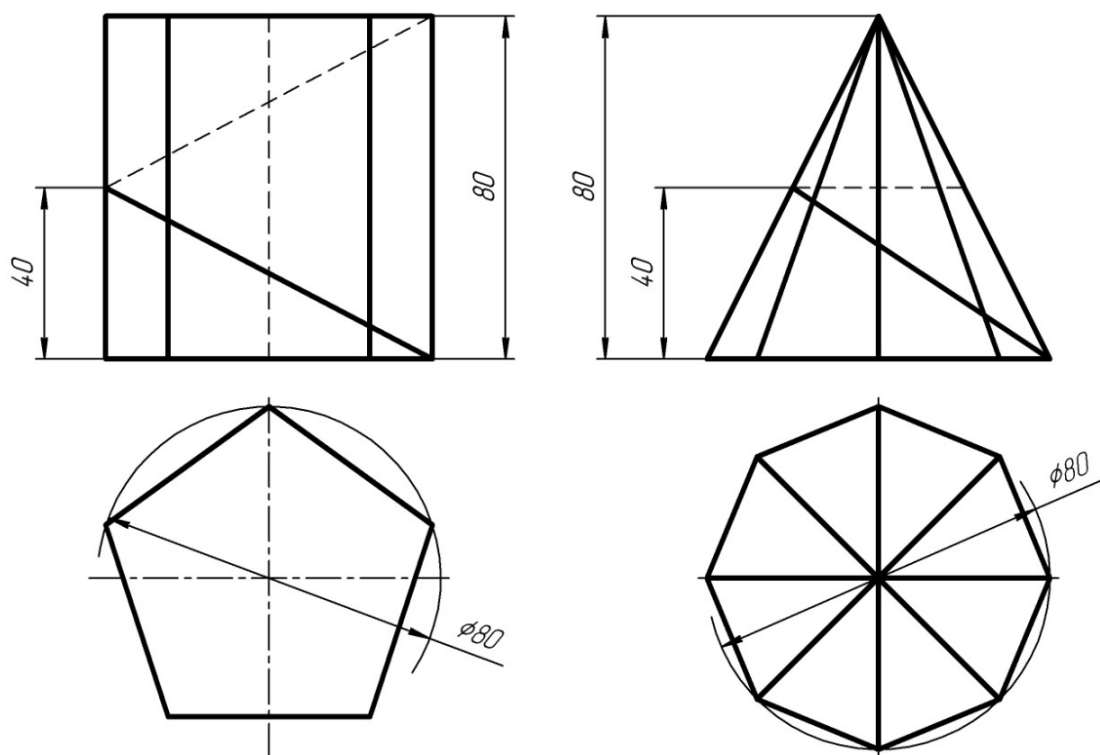
Вариант 15



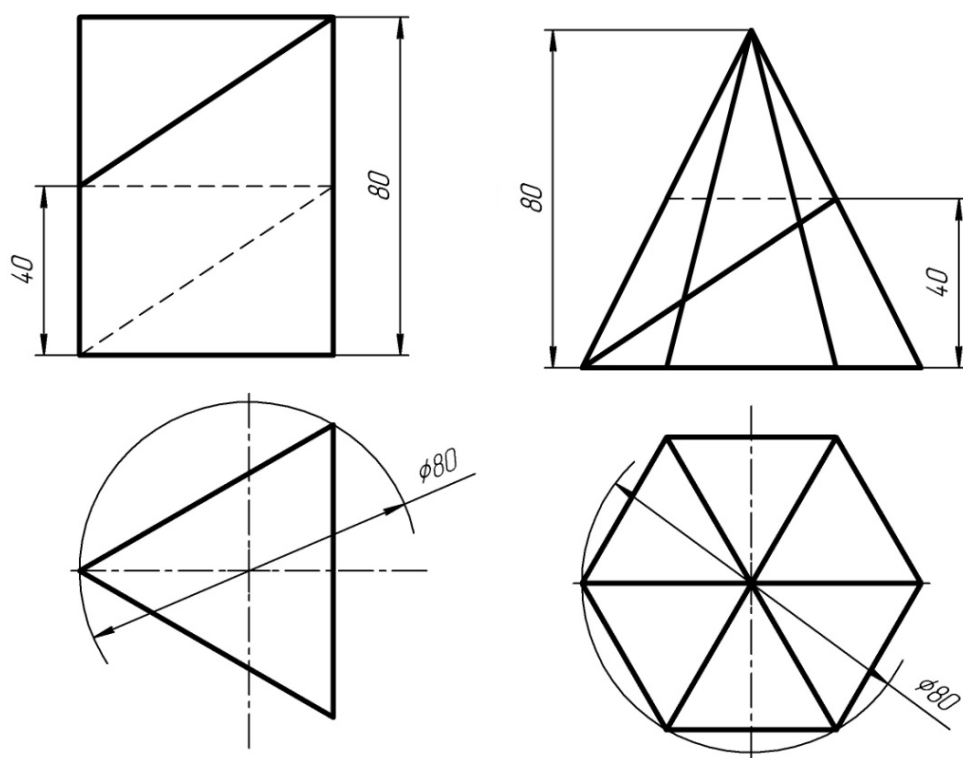
Вариант 16



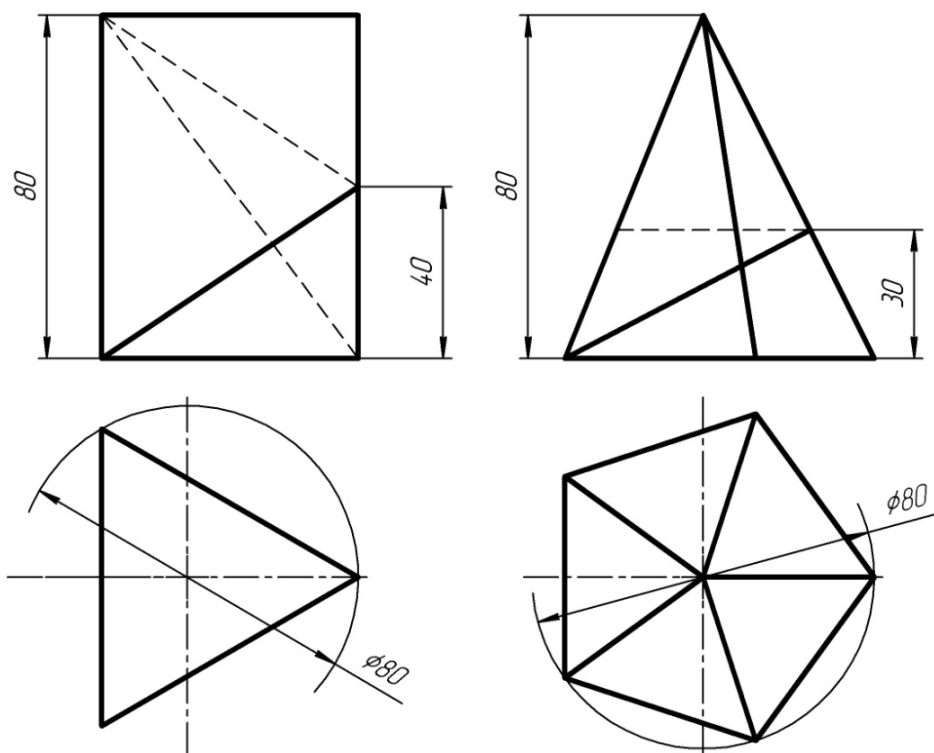
Вариант 17



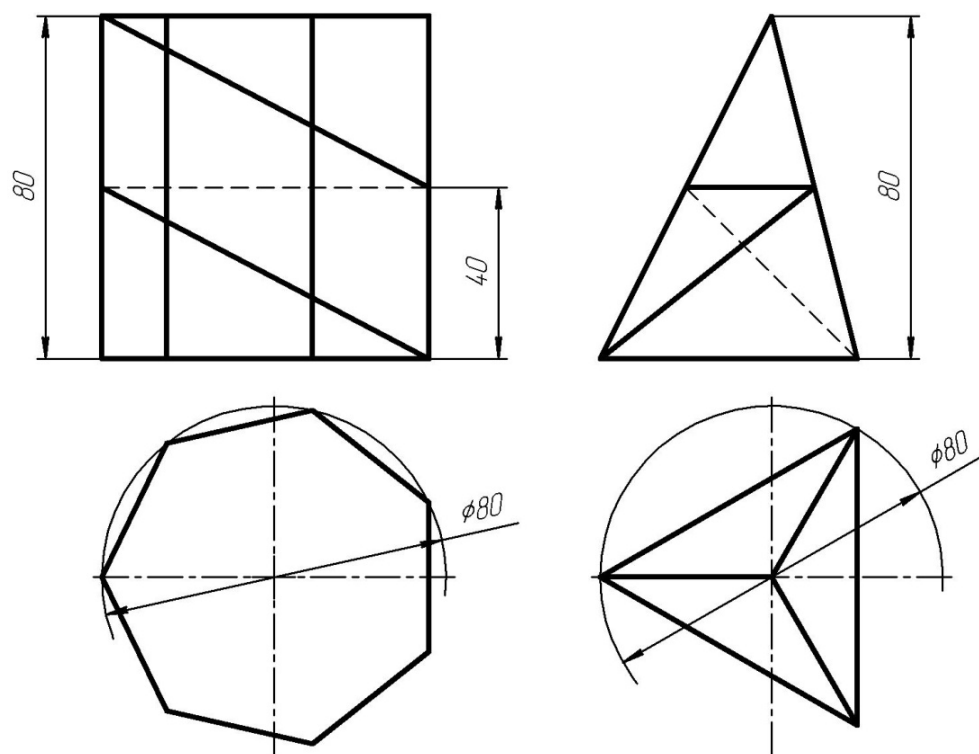
Вариант 18



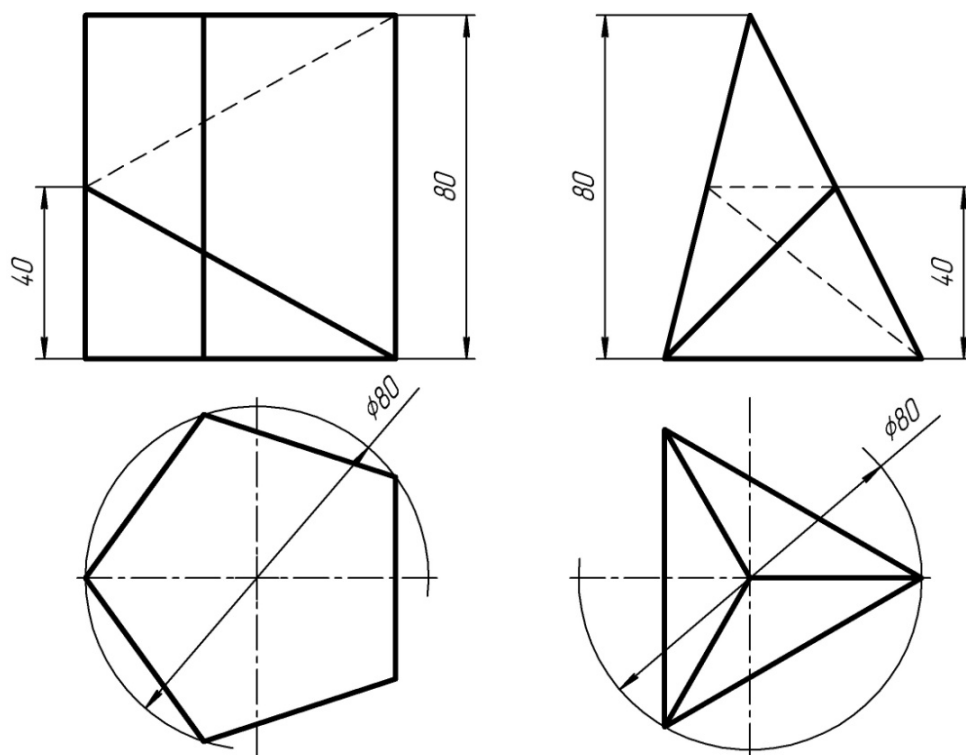
Вариант 19



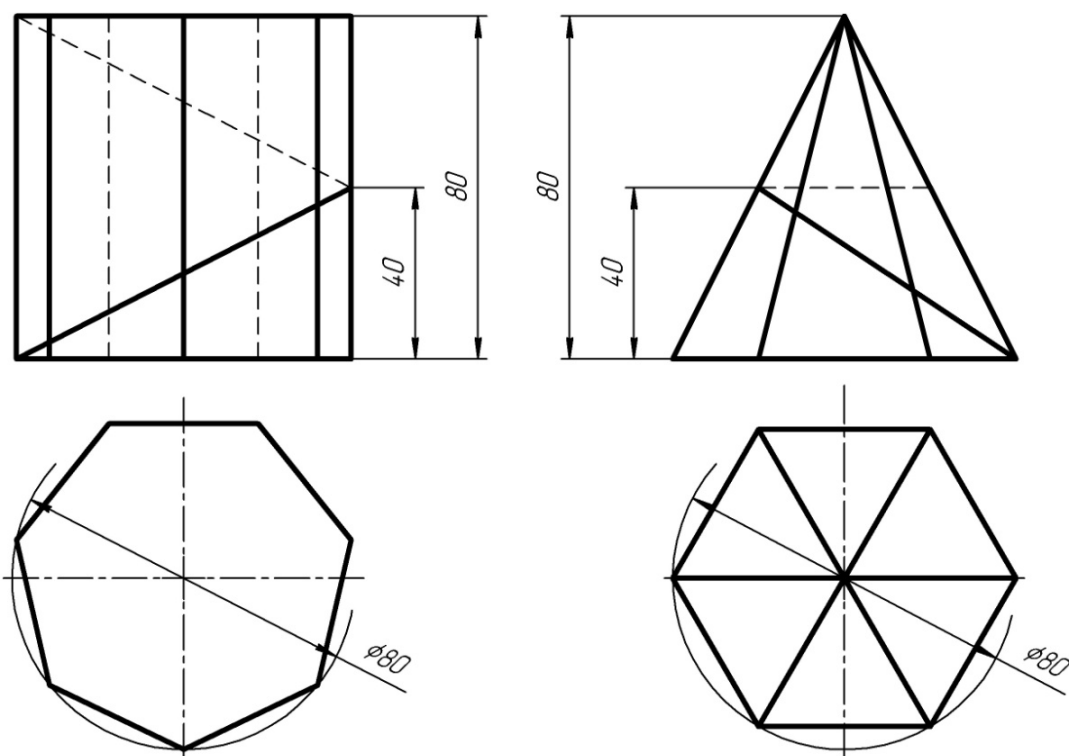
Вариант 20



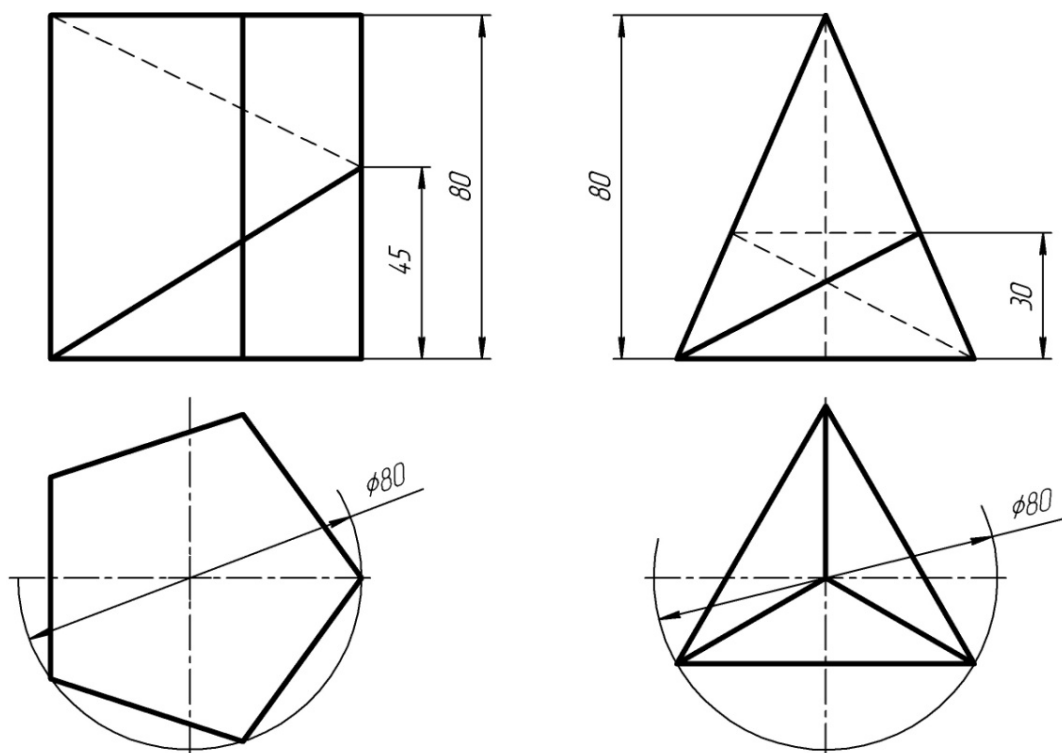
Вариант 21



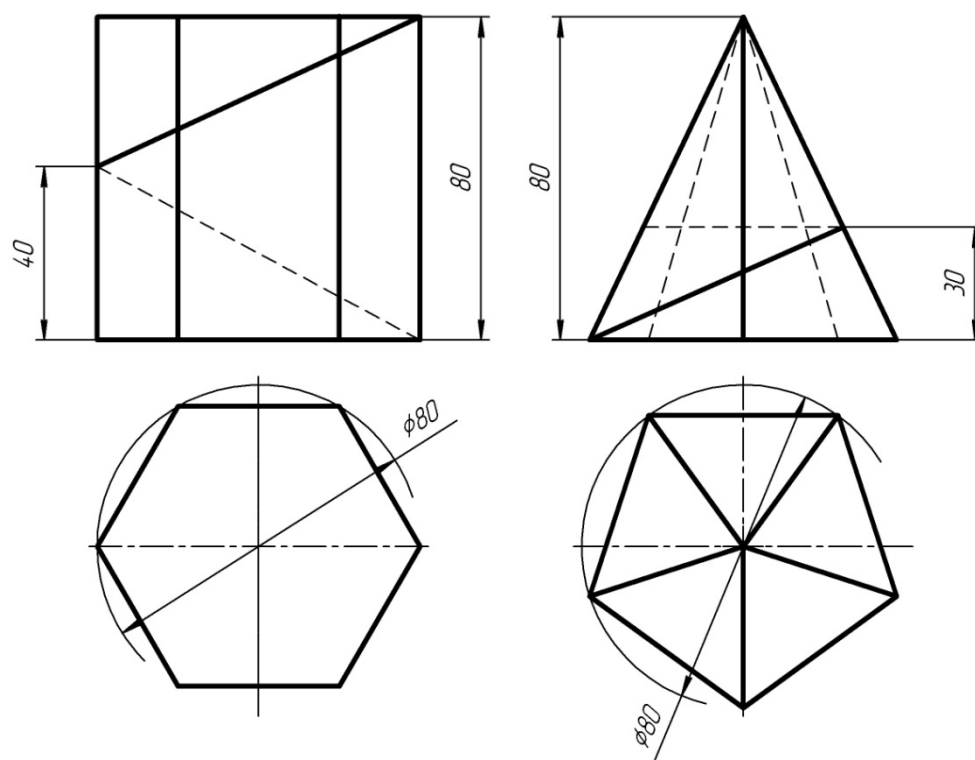
Вариант 22



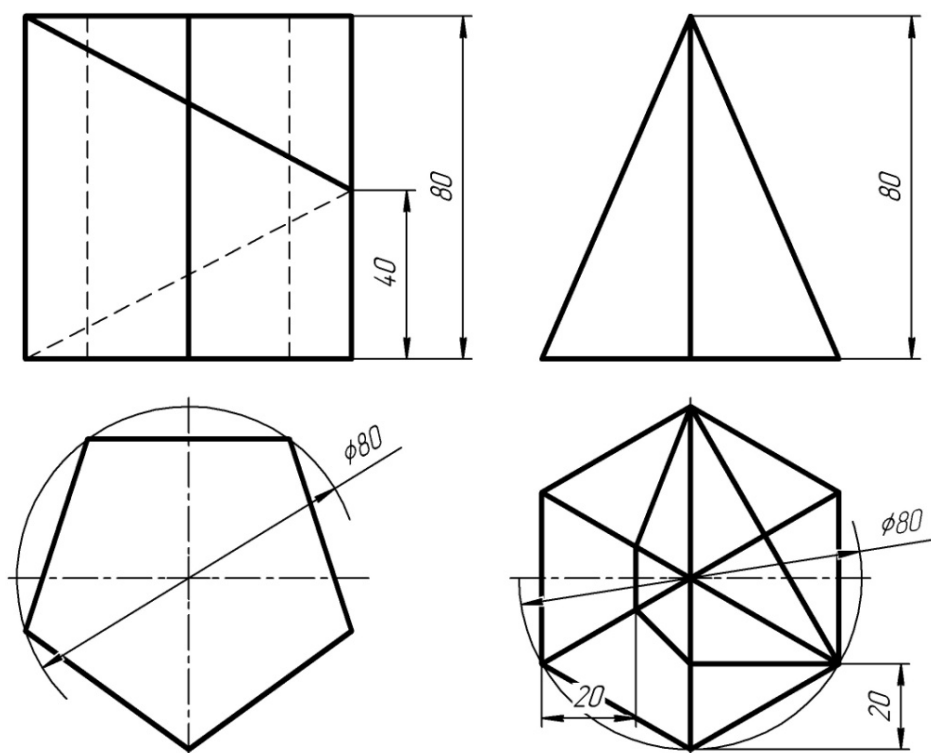
Вариант 23



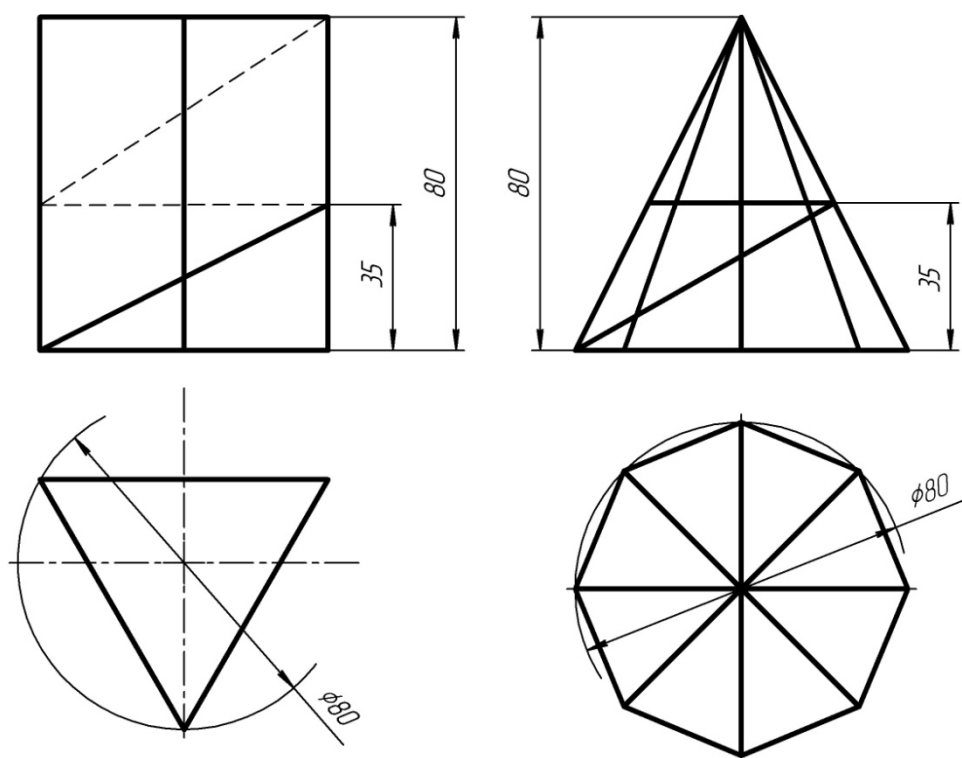
Вариант 24



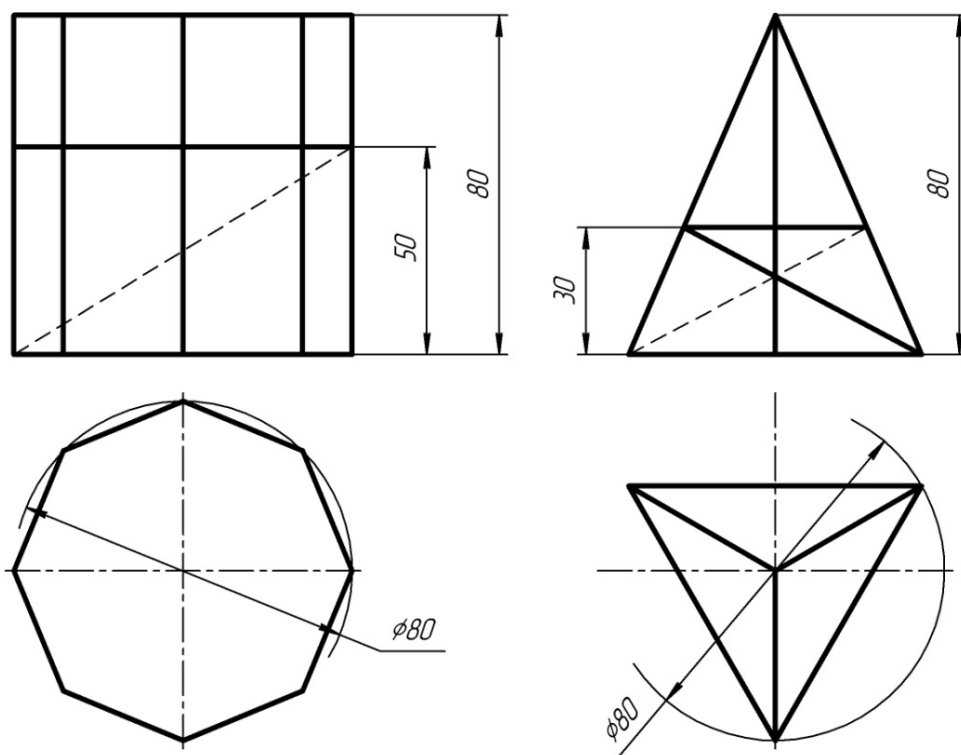
Вариант 25



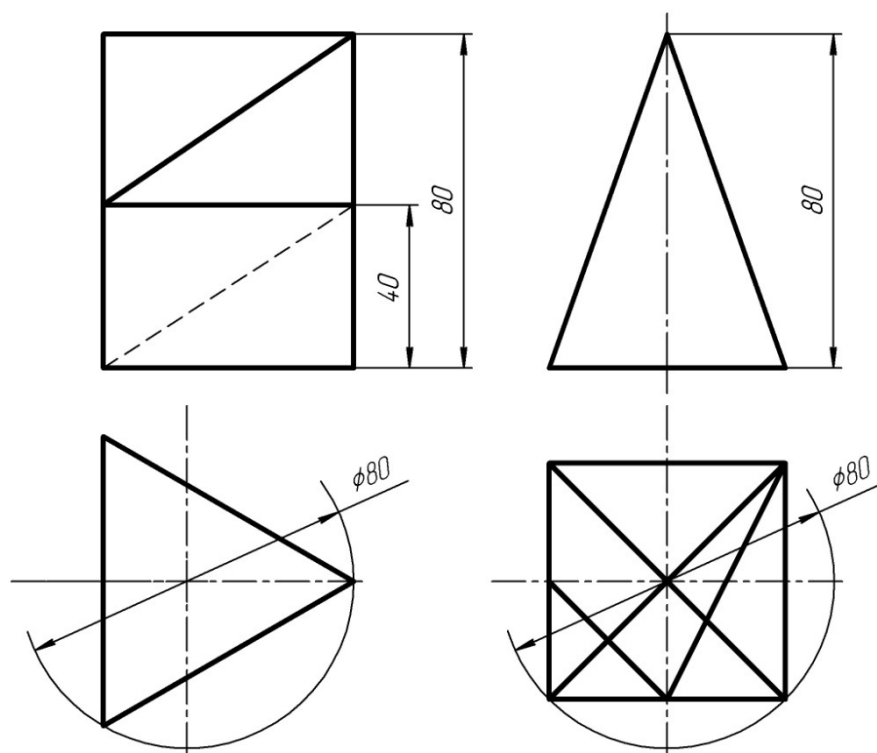
Вариант 26



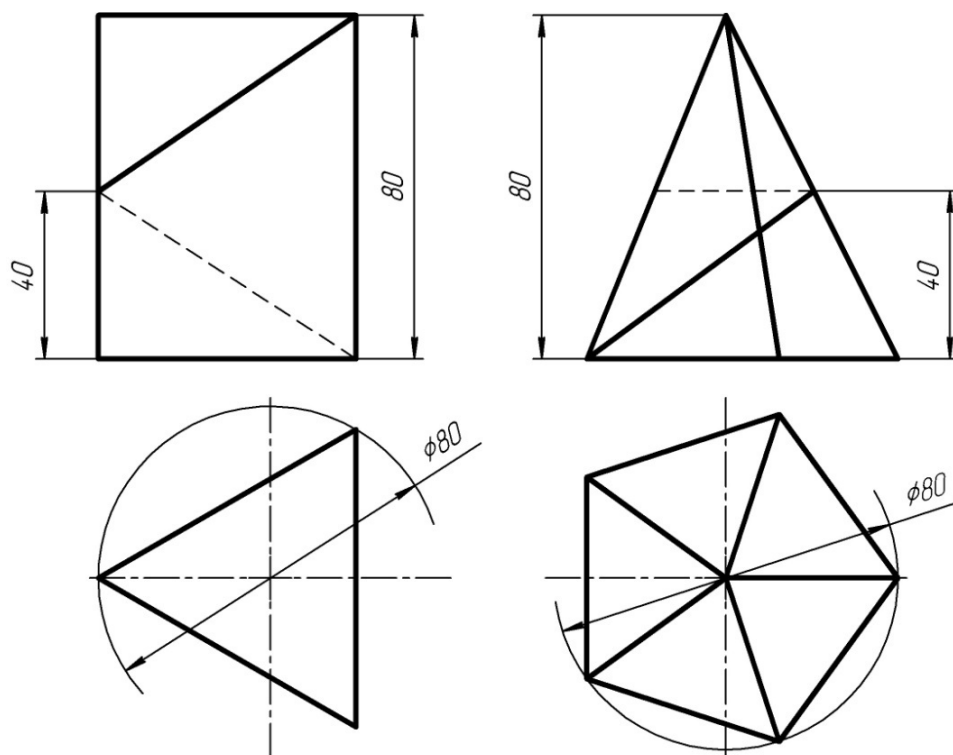
Вариант 27



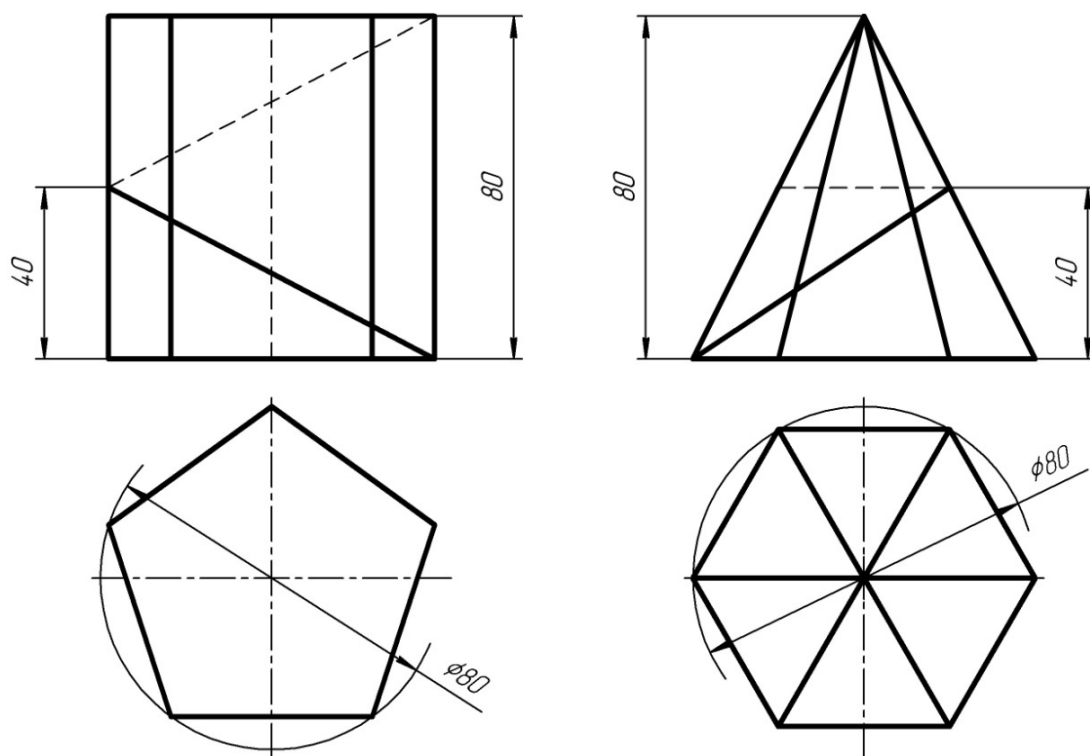
Вариант 28



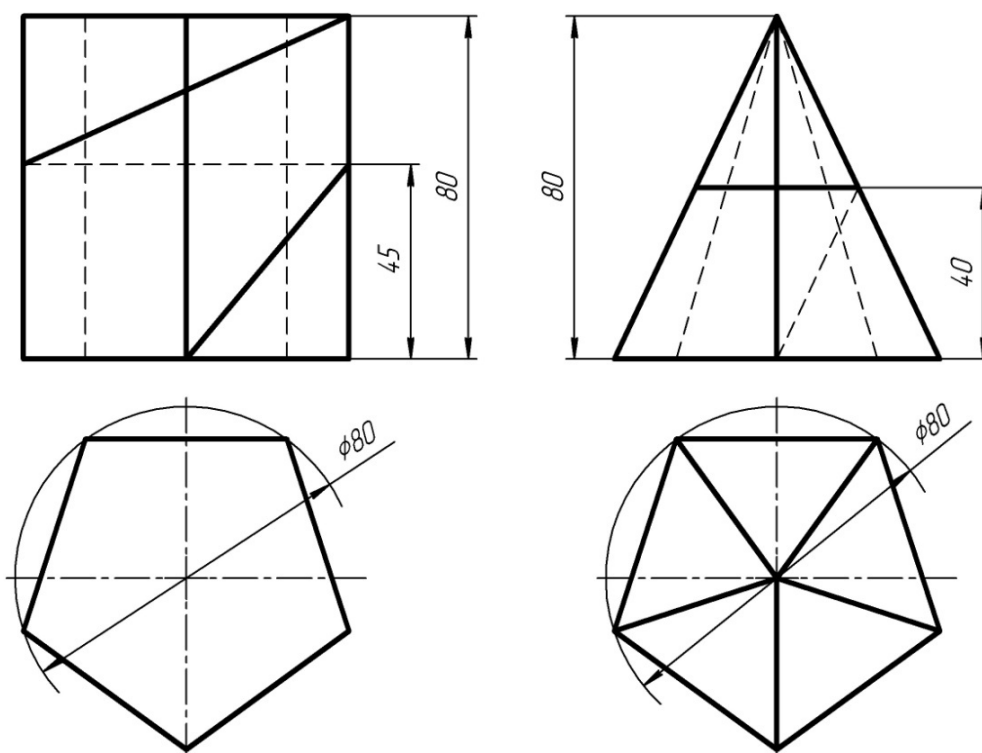
Вариант 29



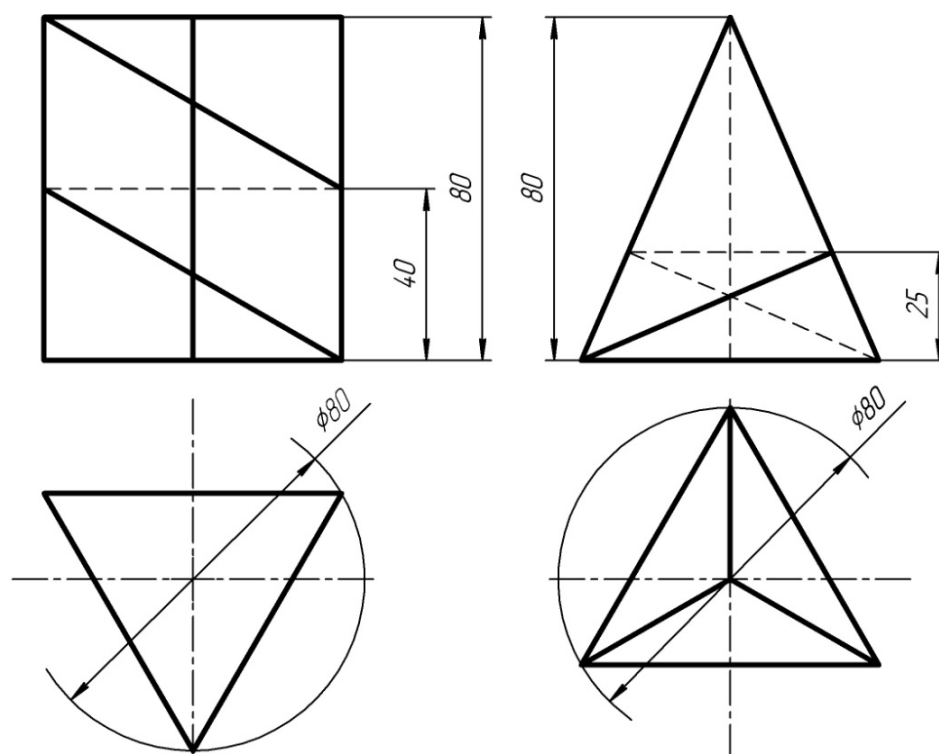
Вариант 30



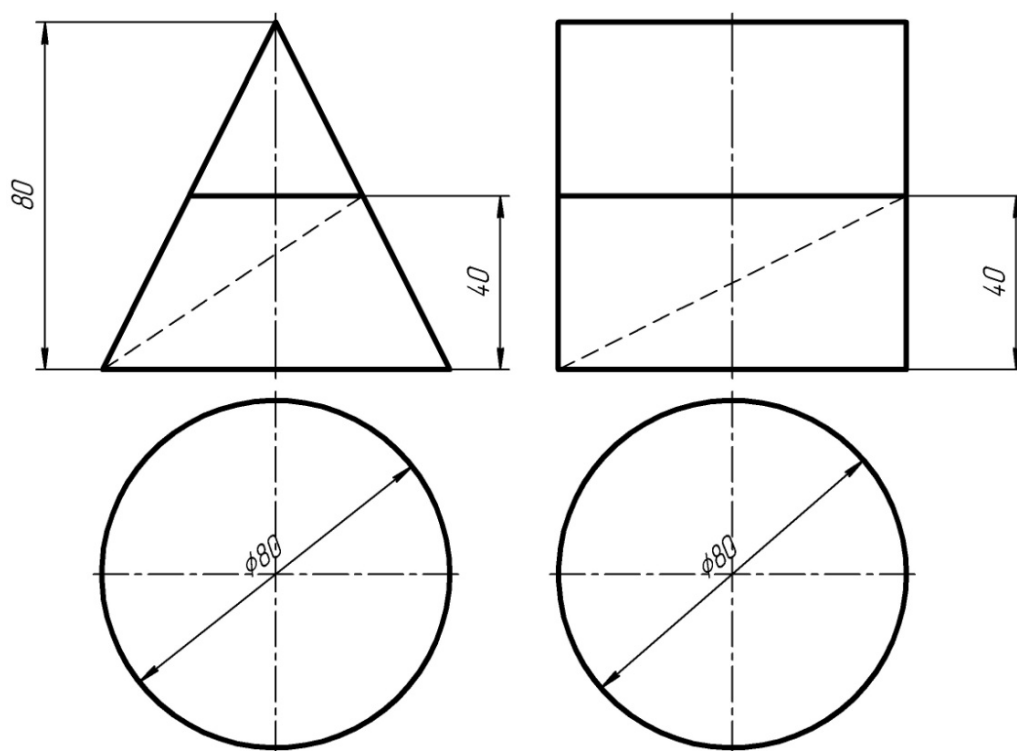
Вариант 31



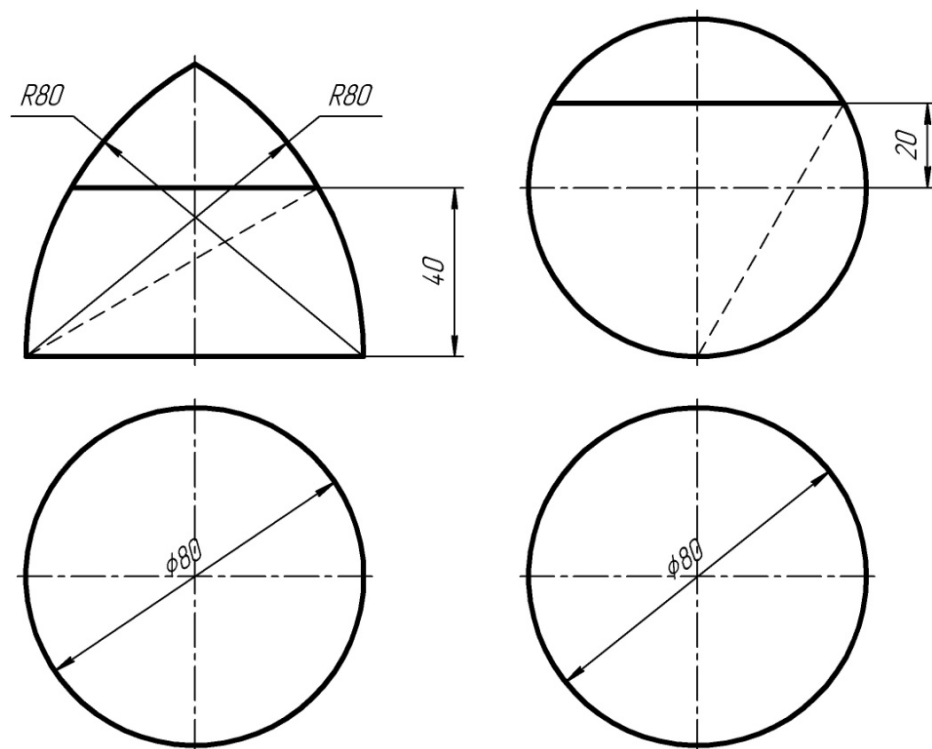
Вариант 32



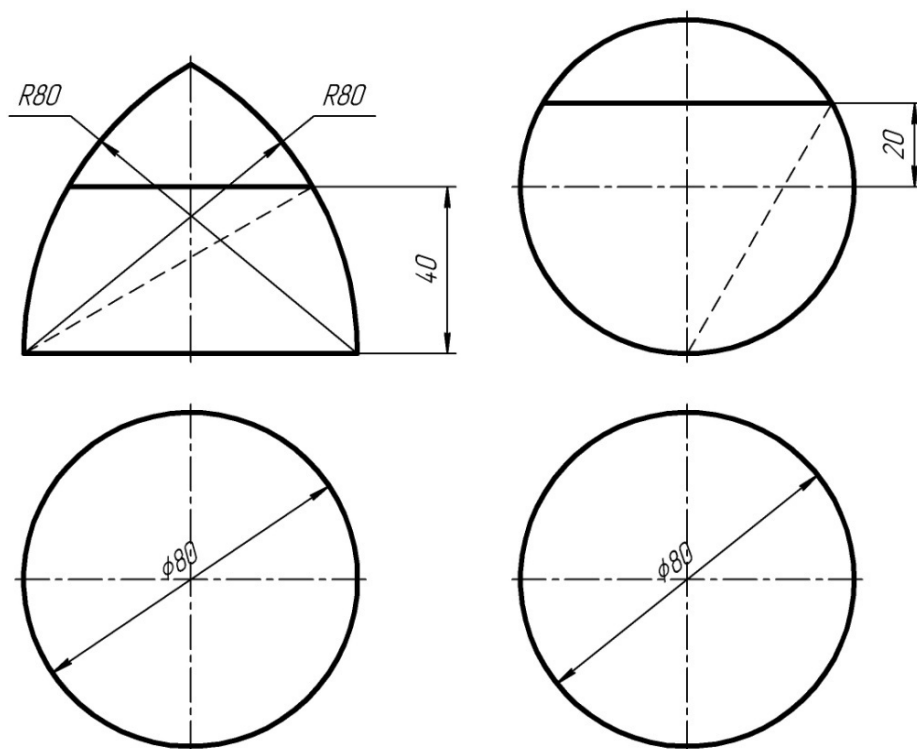
Вариант 1



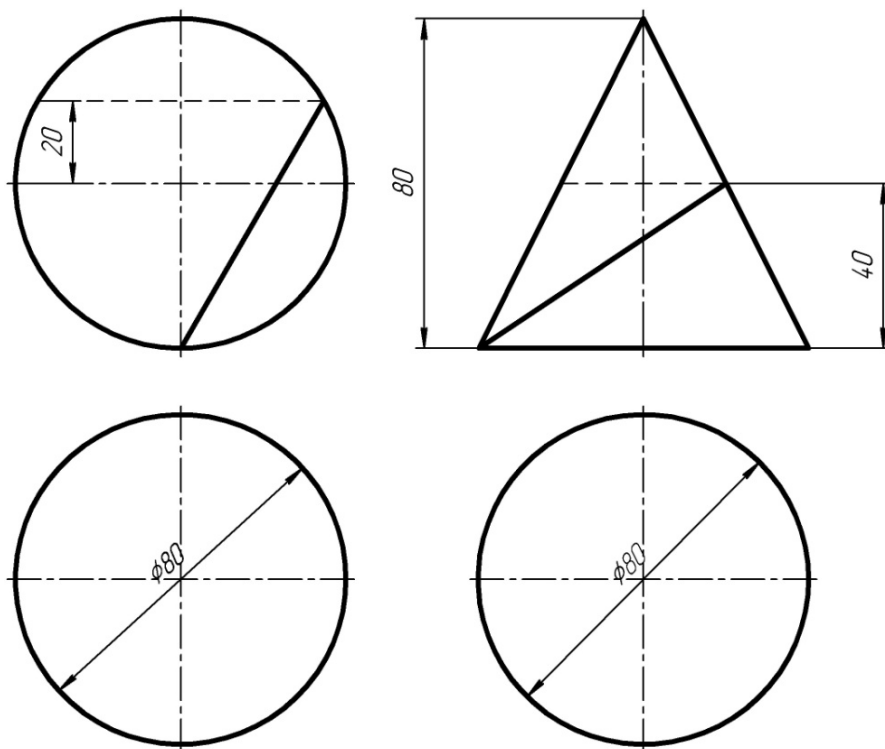
Вариант 2



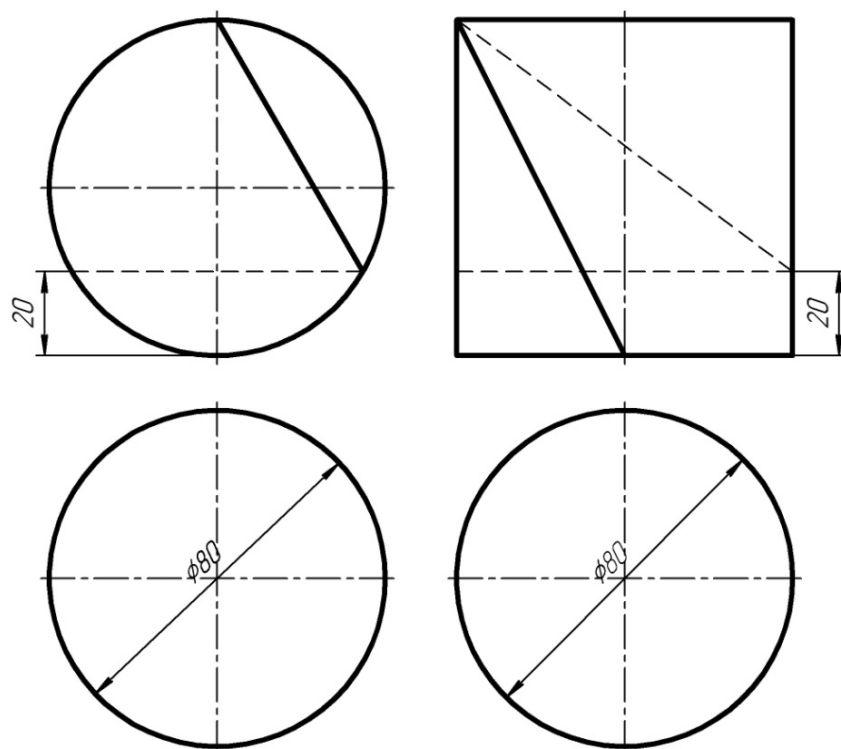
Вариант 3



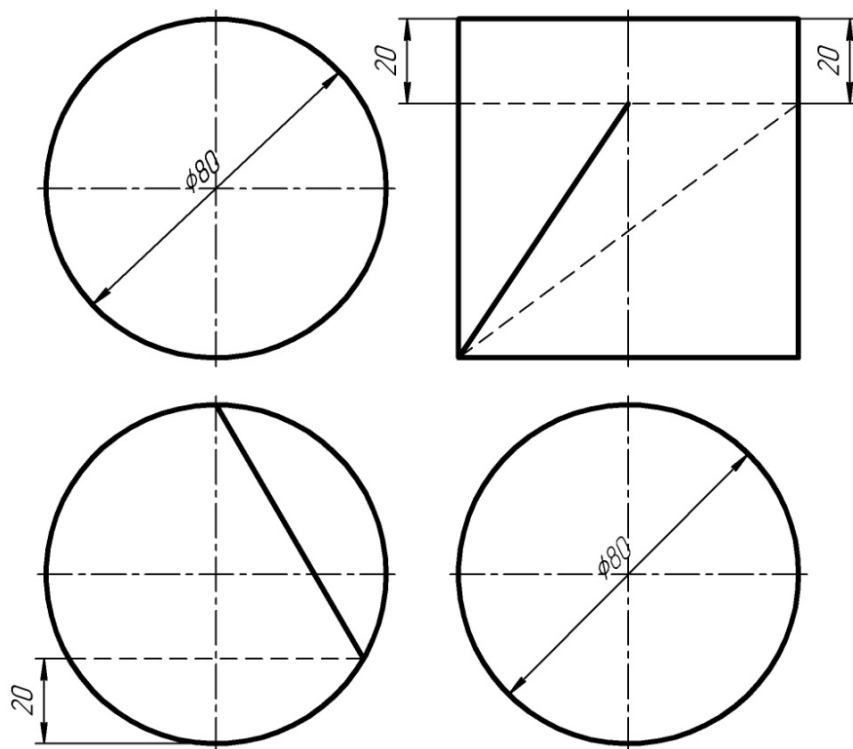
Вариант 4



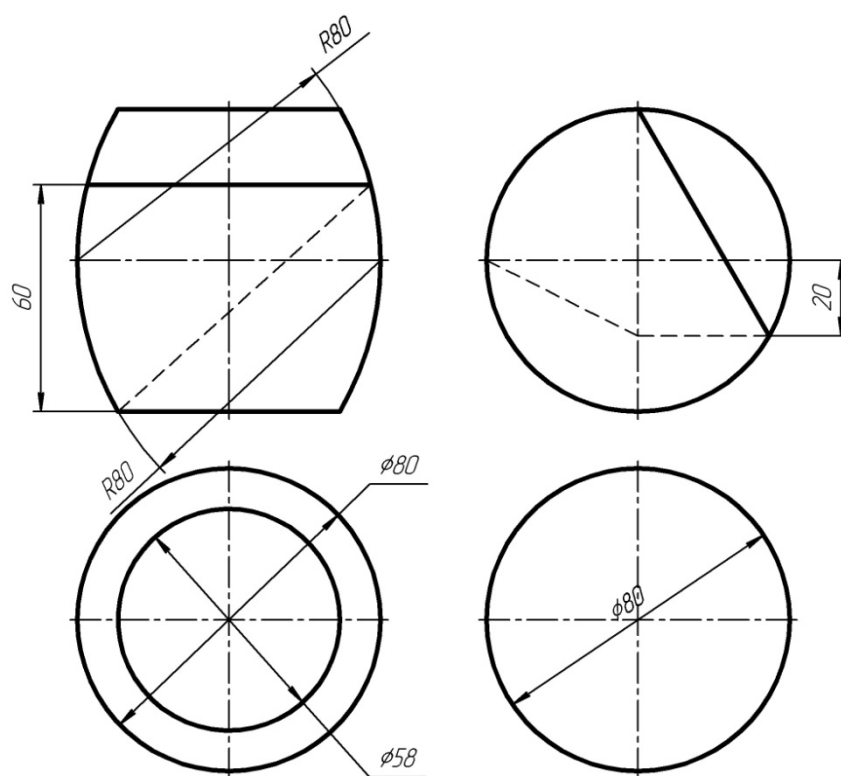
Вариант 5



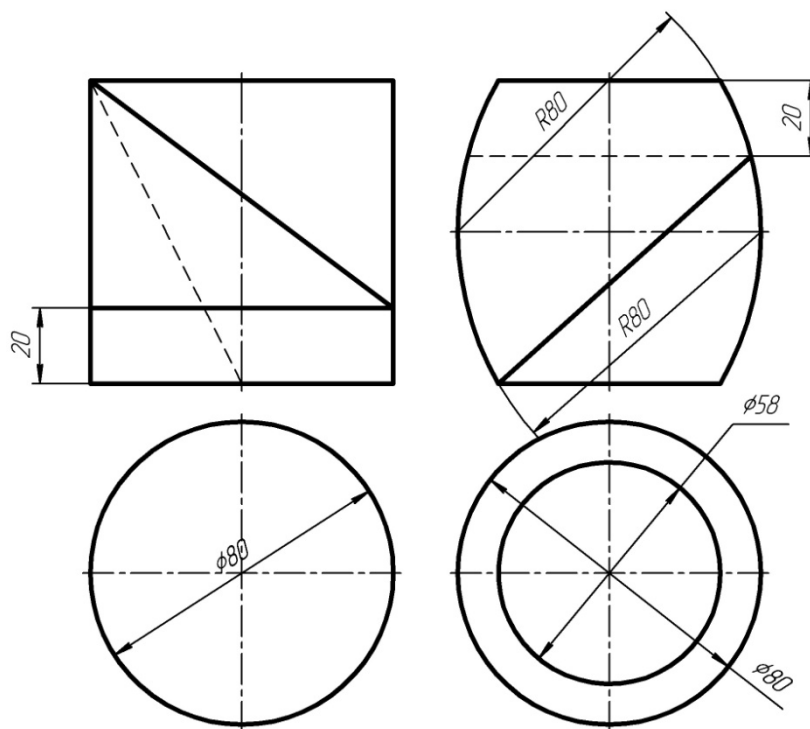
Вариант 6



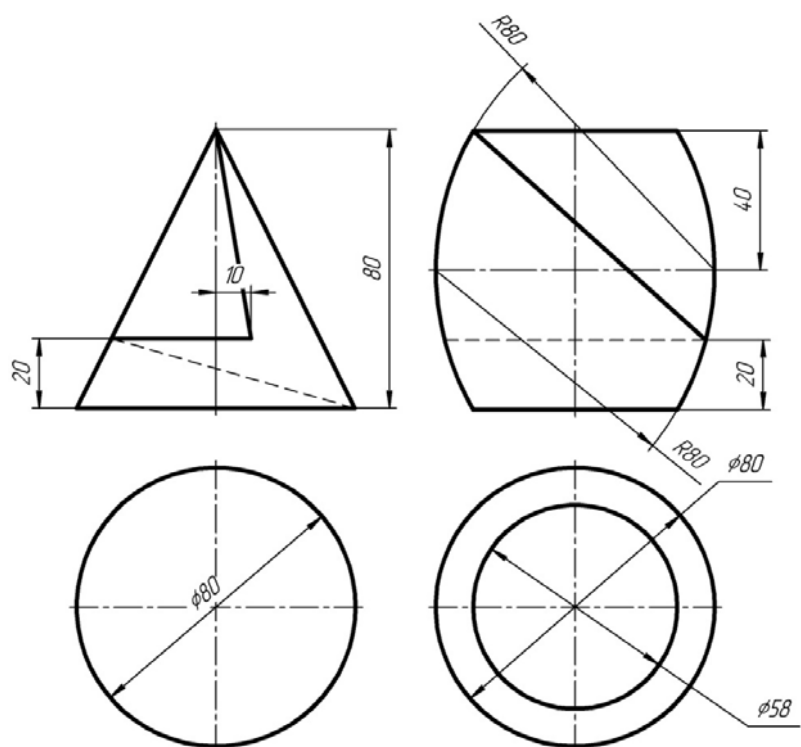
Вариант 7



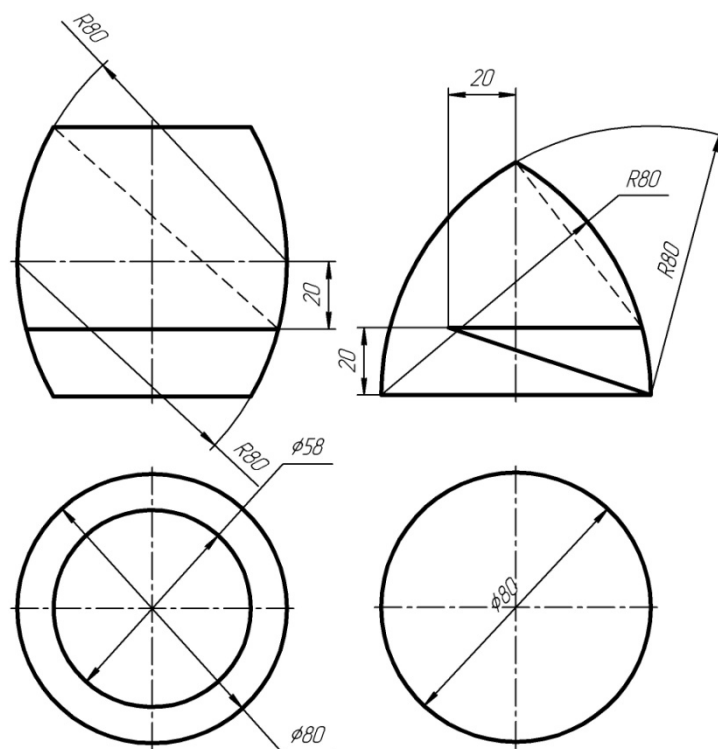
Вариант 8



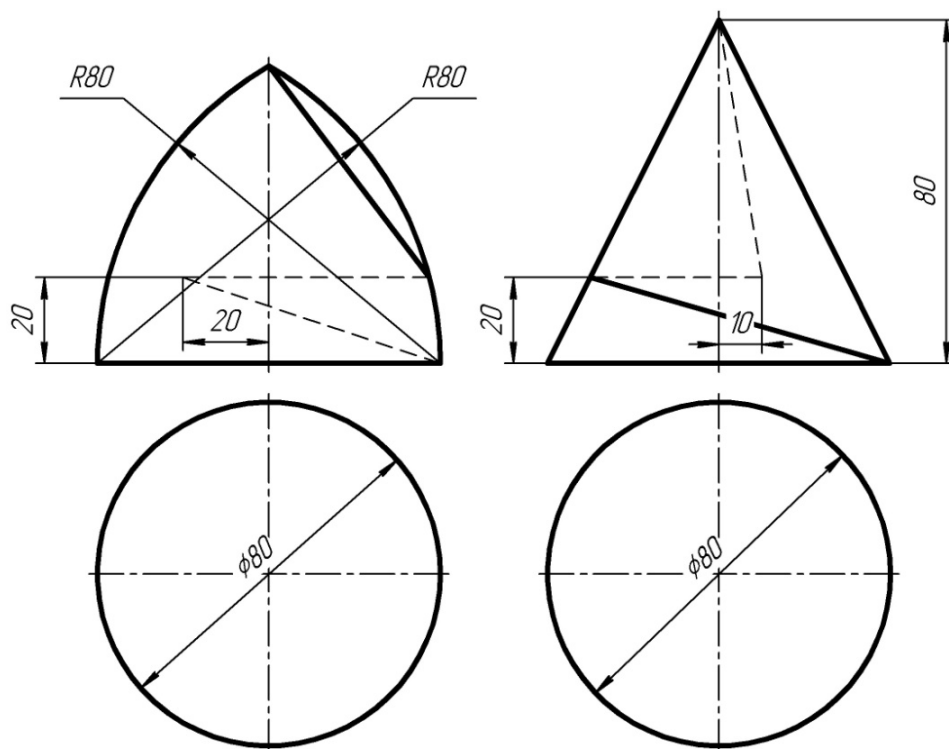
Вариант 9



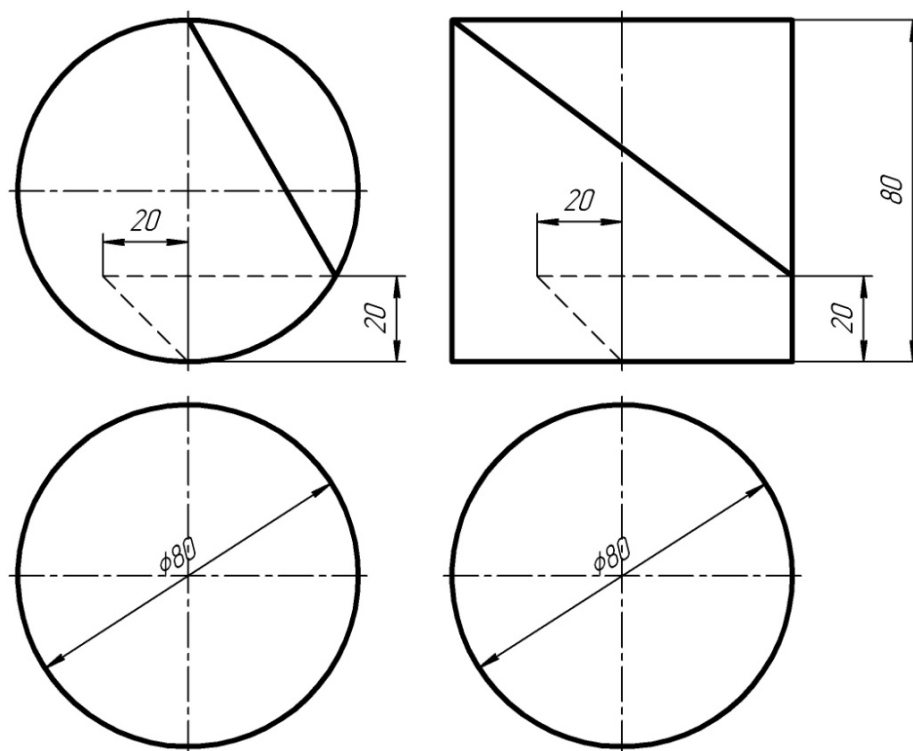
Вариант 10



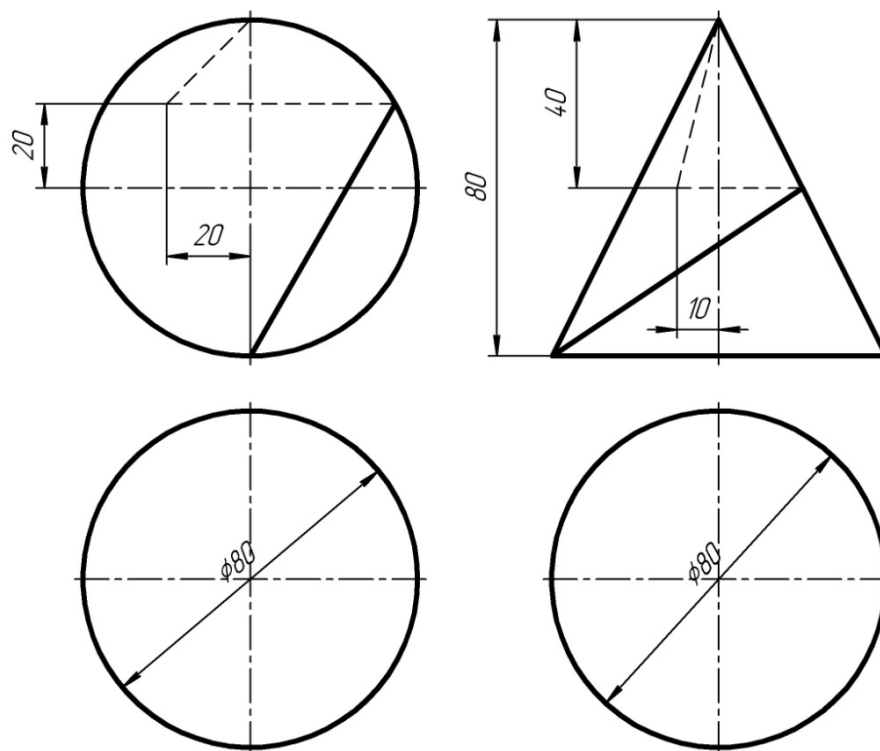
Вариант 11



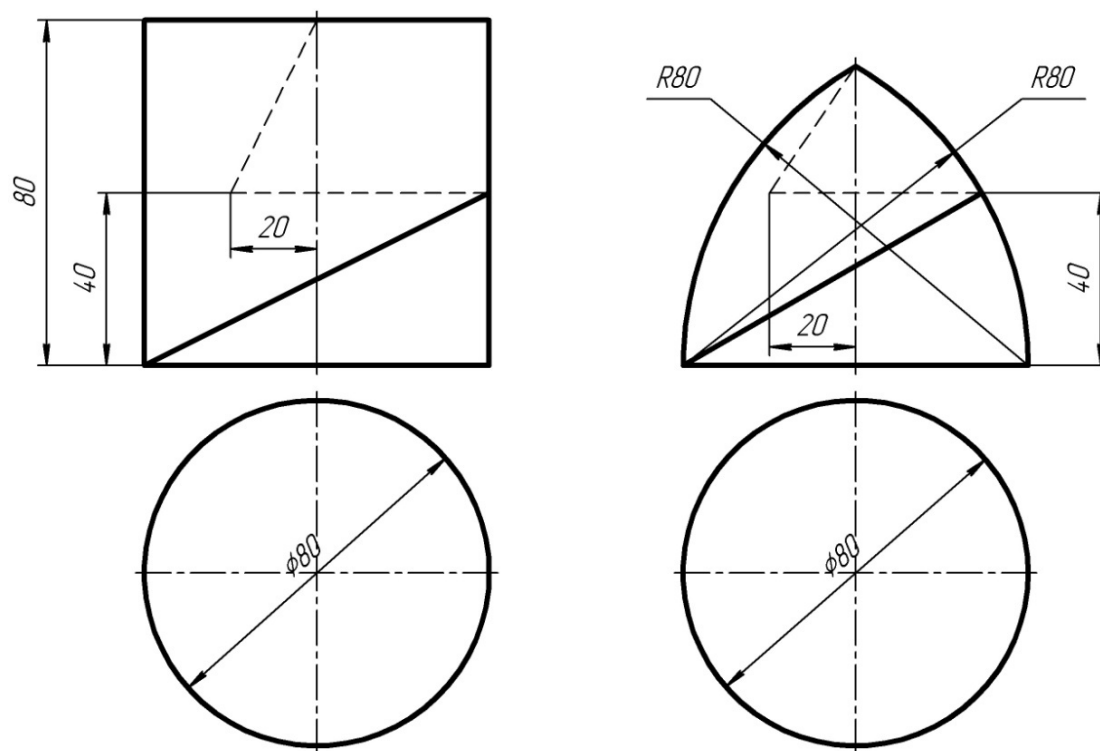
Вариант 12



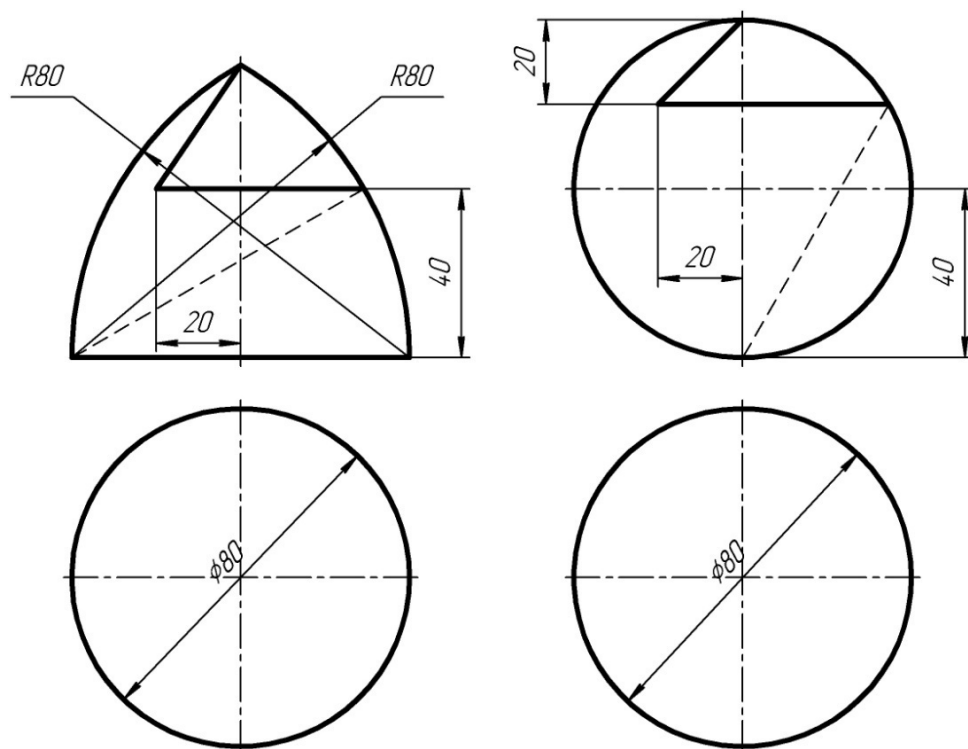
Вариант 13



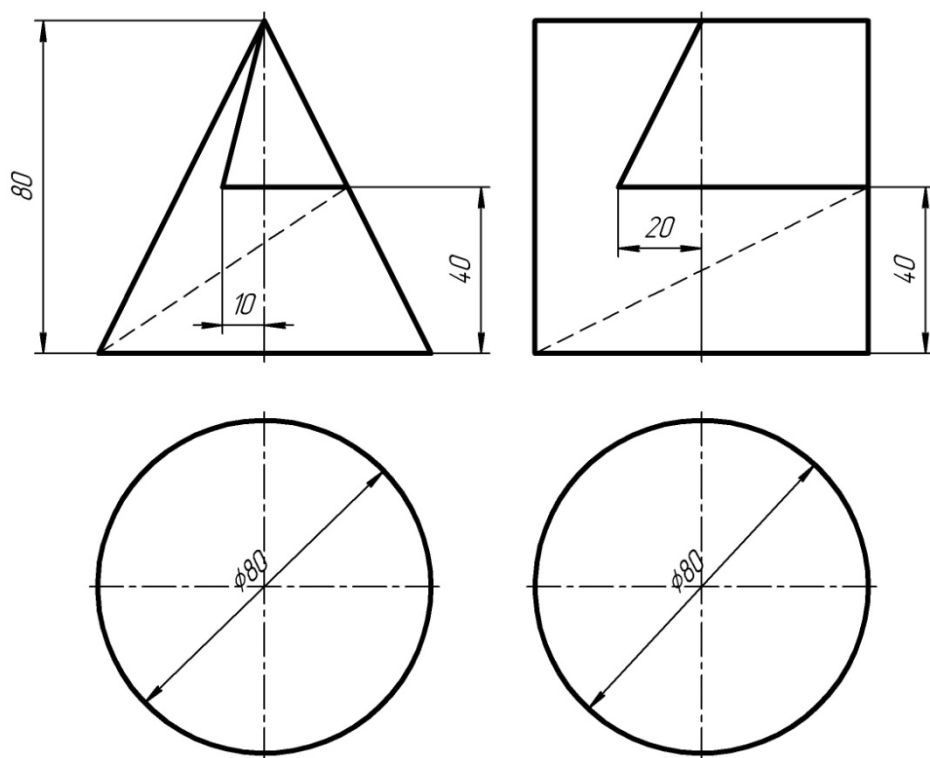
Вариант 14



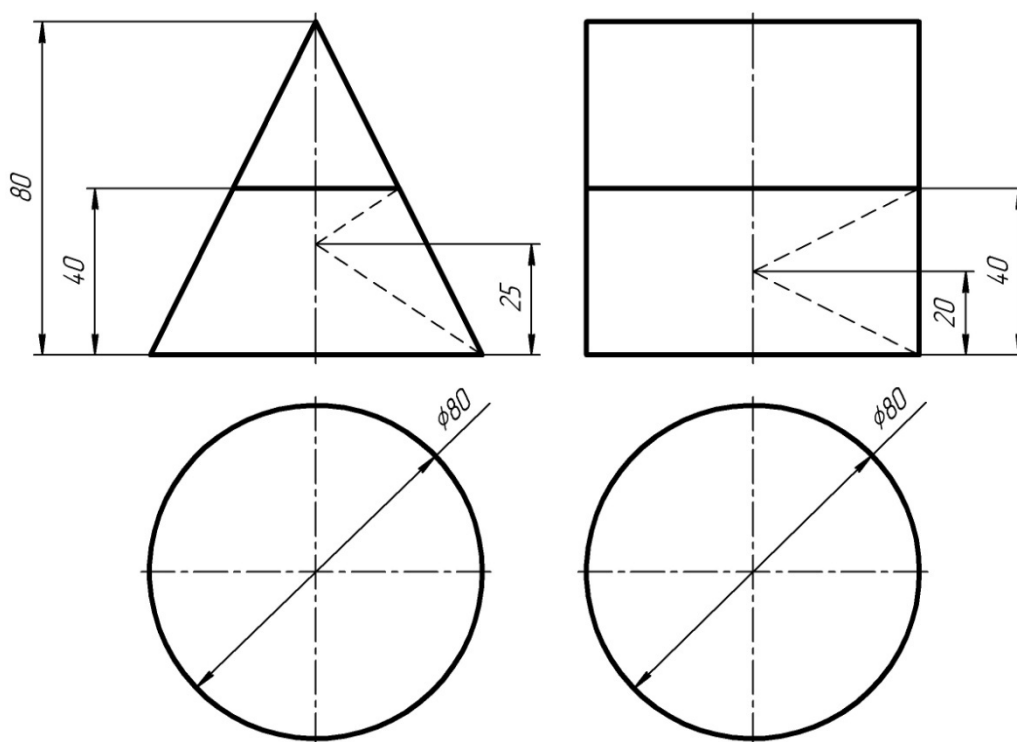
Вариант 15



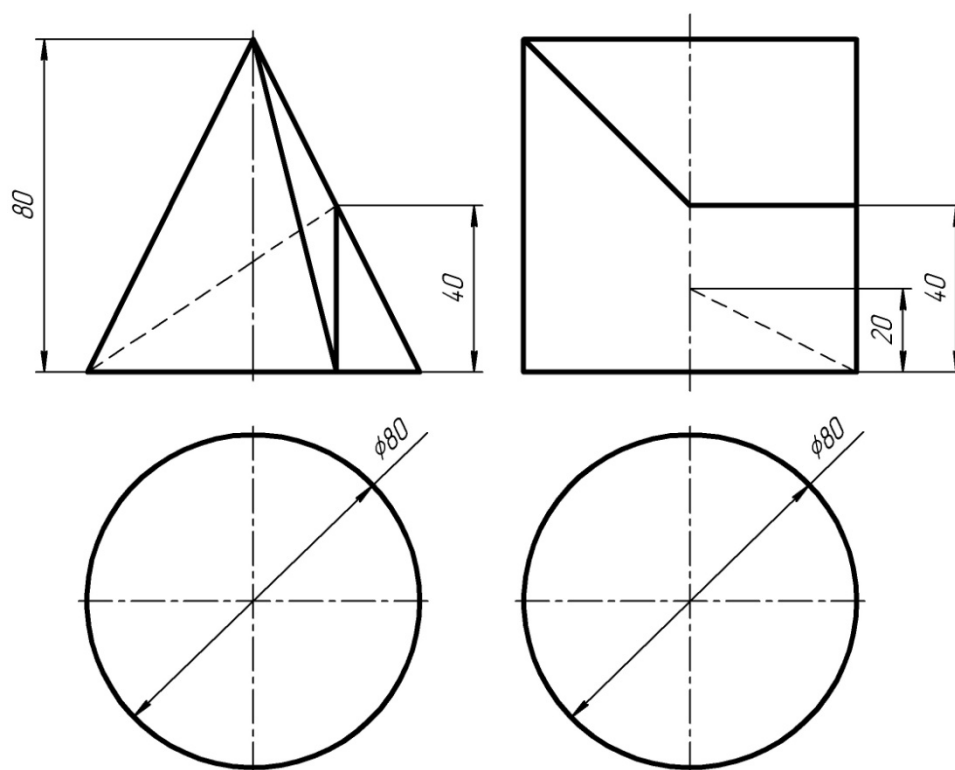
Вариант 16



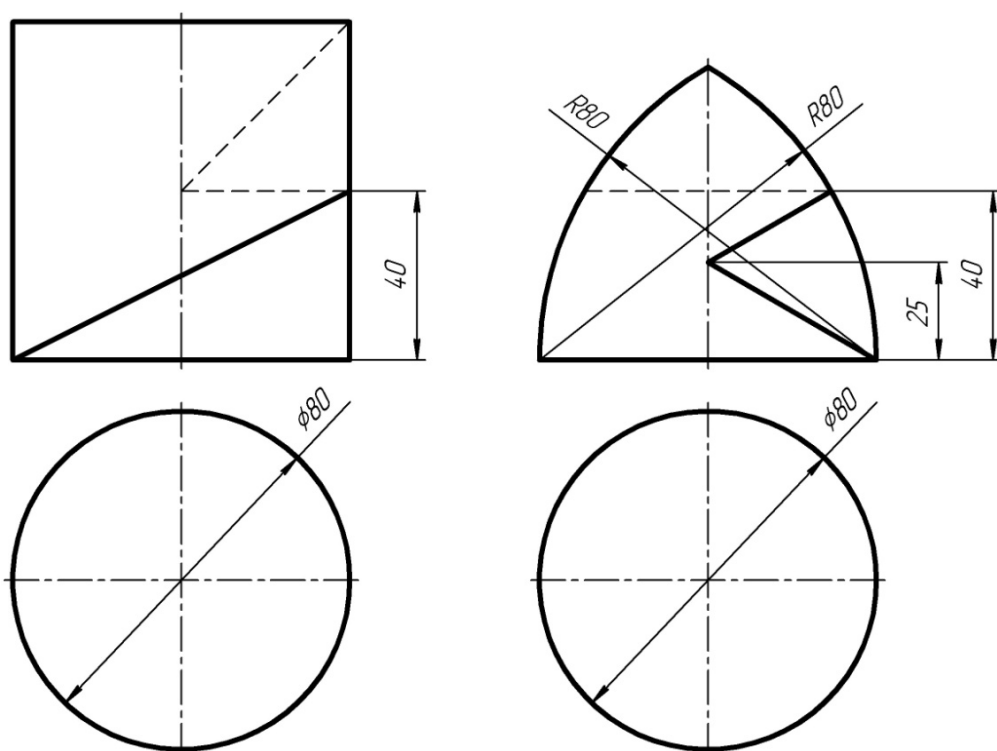
Вариант 17



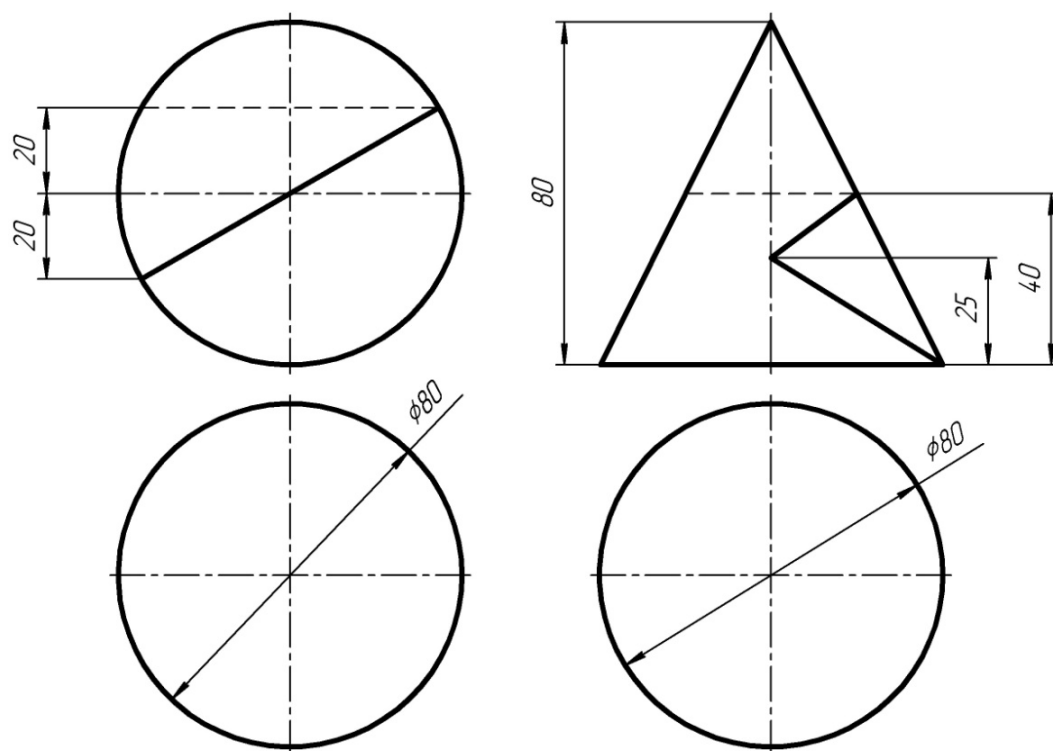
Вариант 18



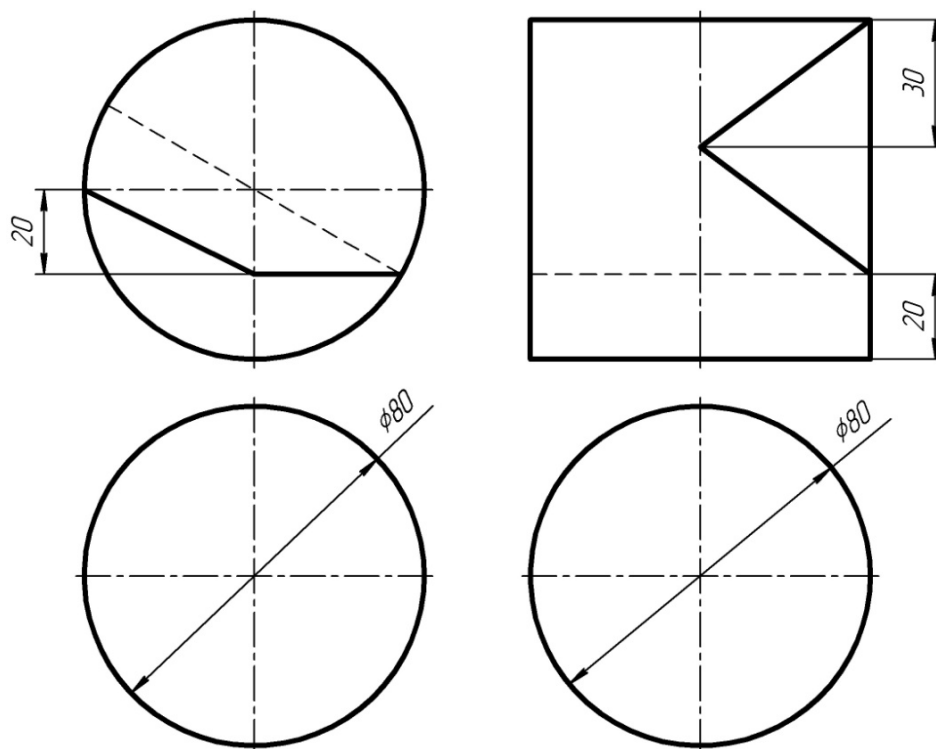
Вариант 19



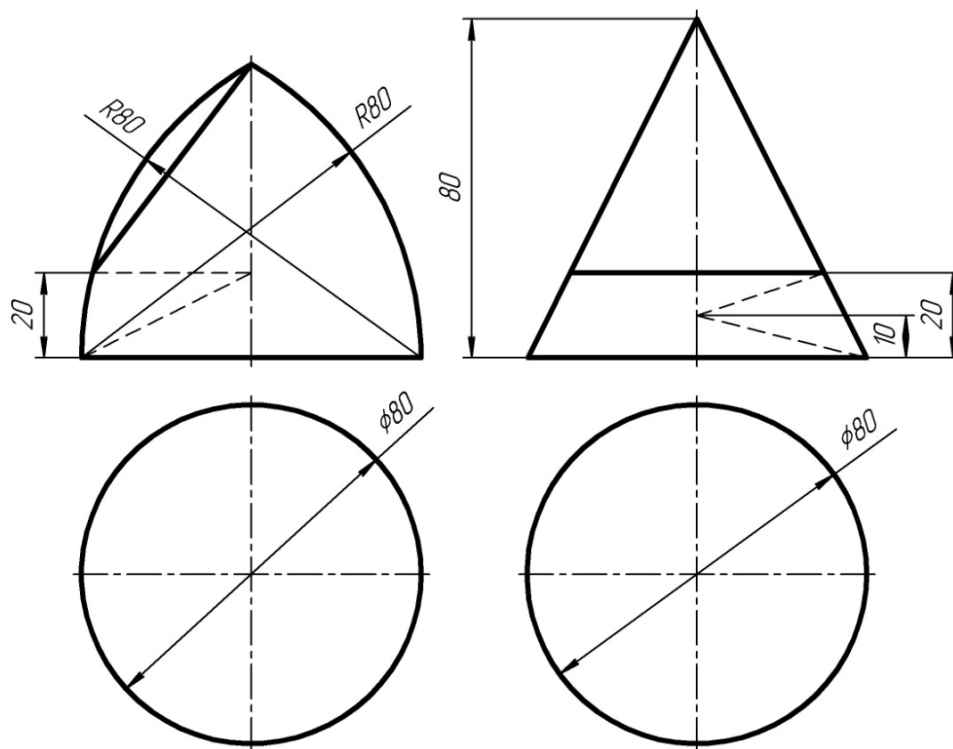
Вариант 20



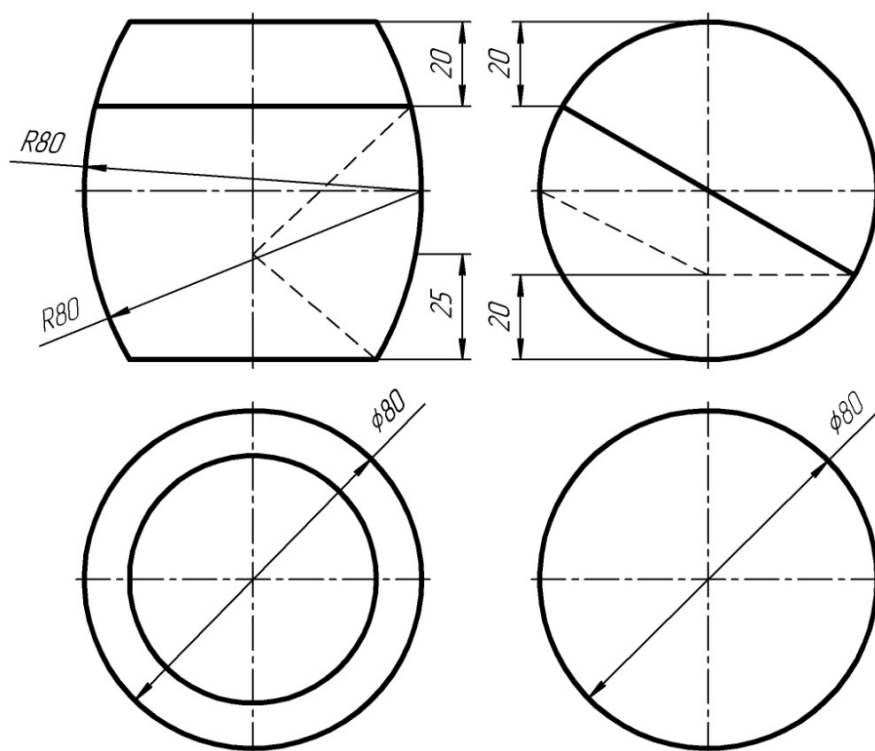
Вариант 21



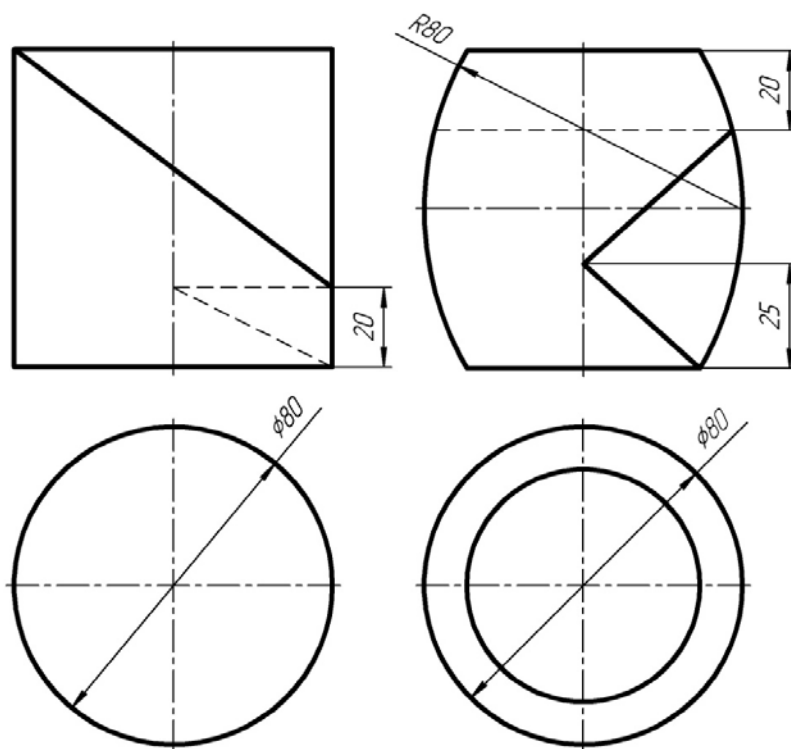
Вариант 22



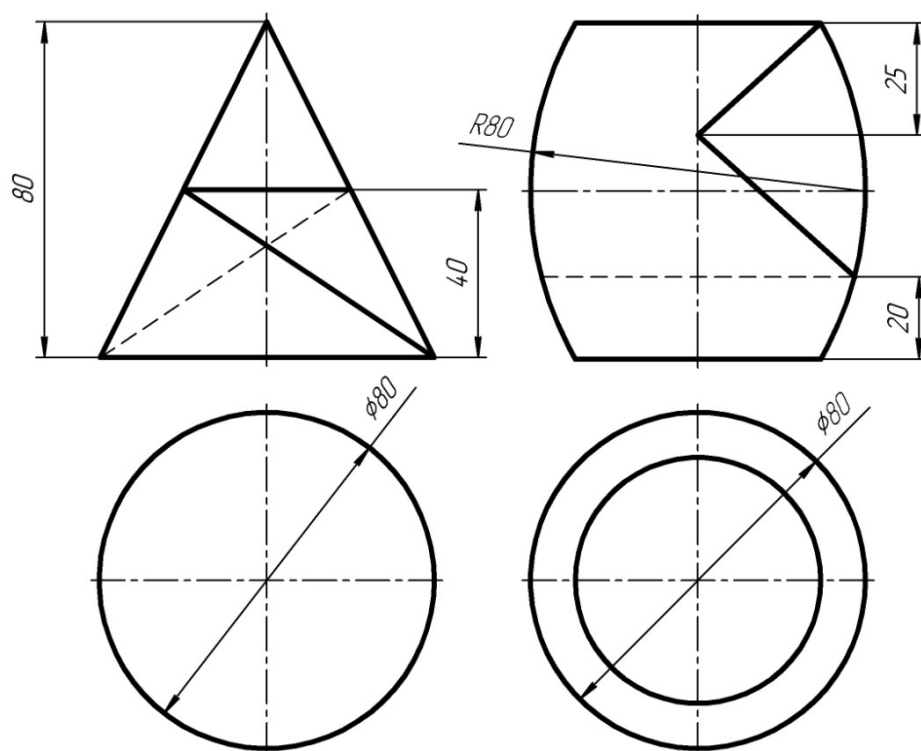
Вариант 23



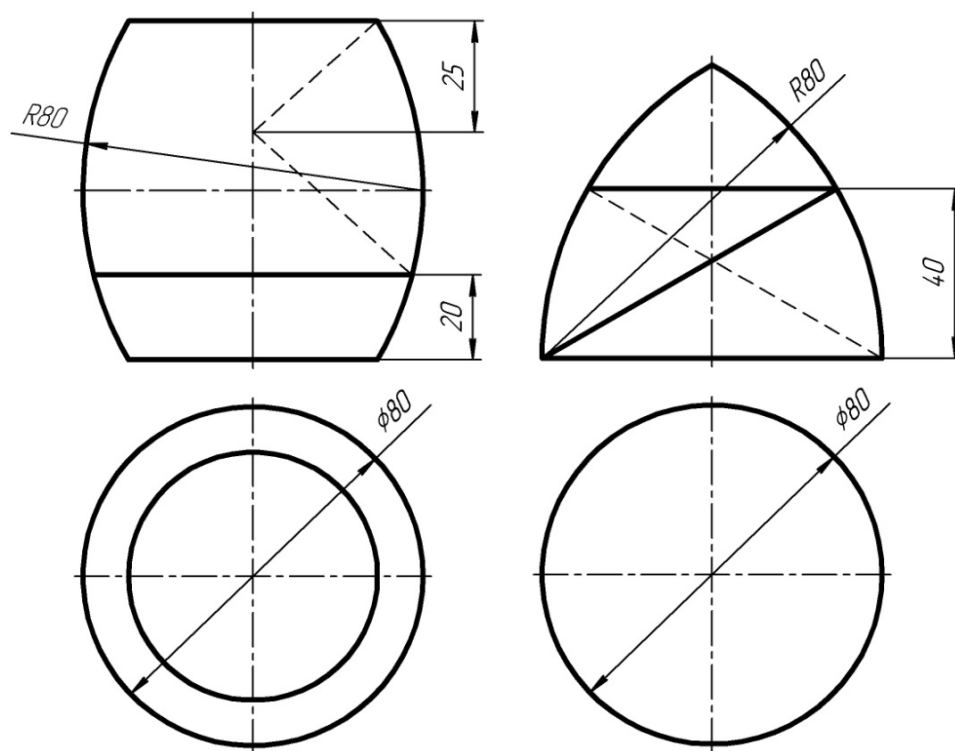
Вариант 24



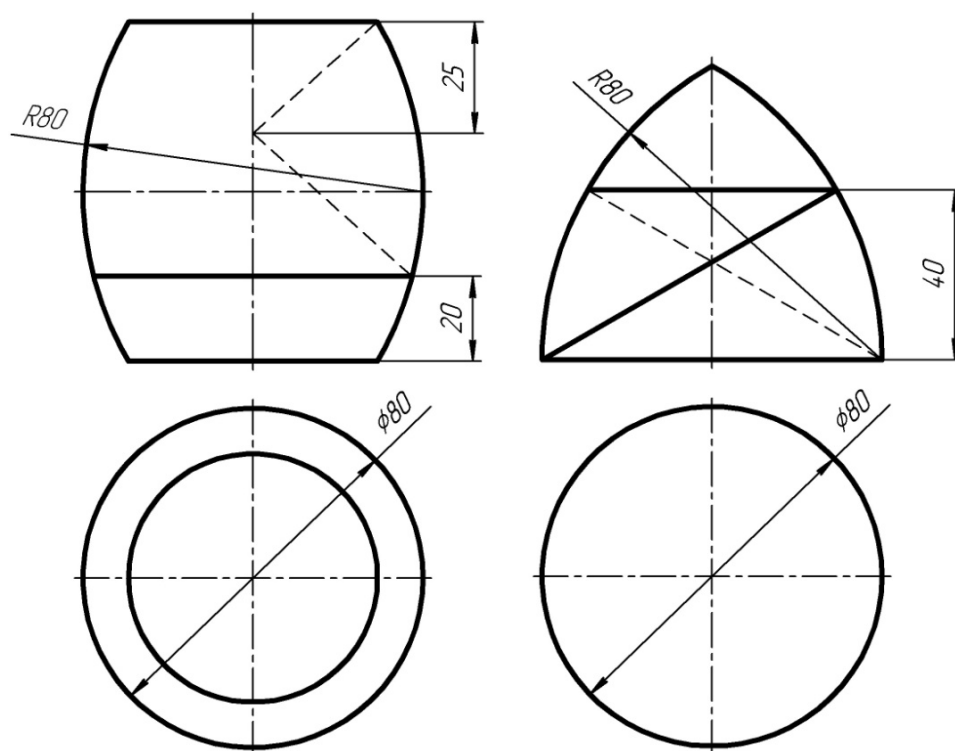
Вариант 25



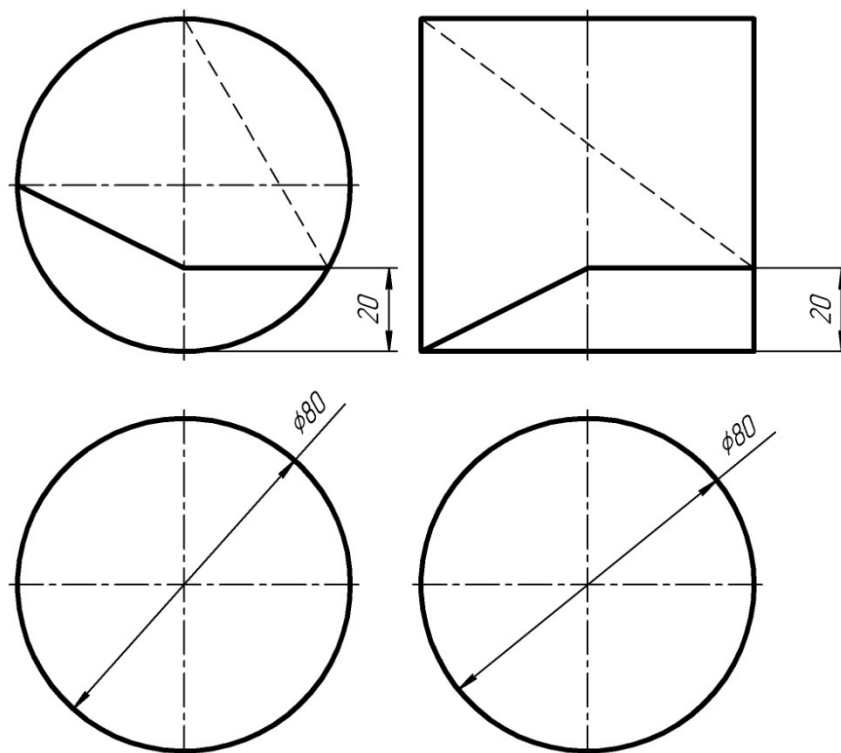
Вариант 26



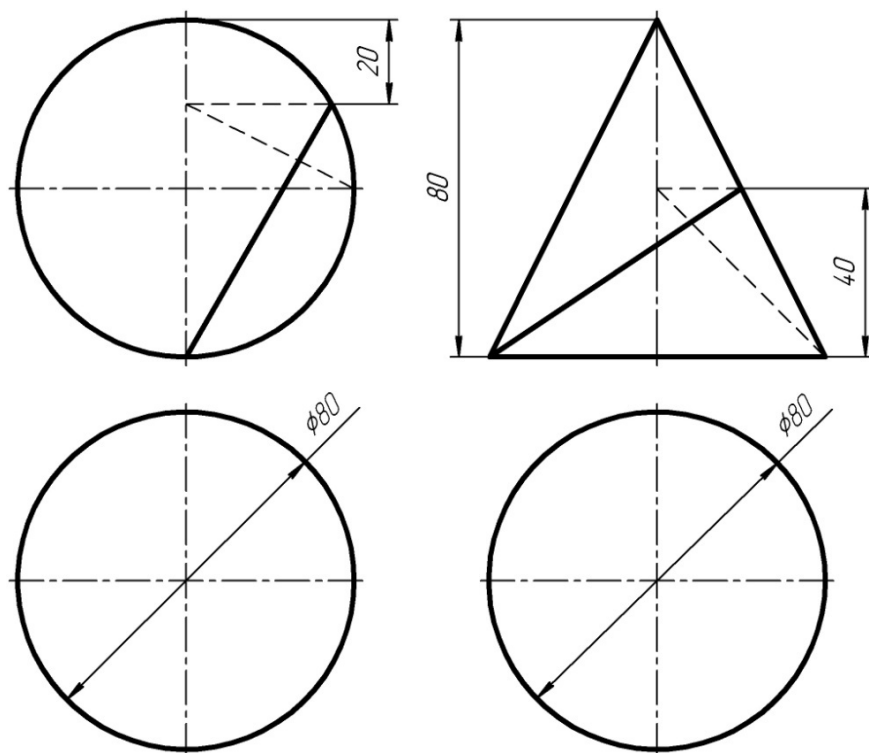
Вариант 27



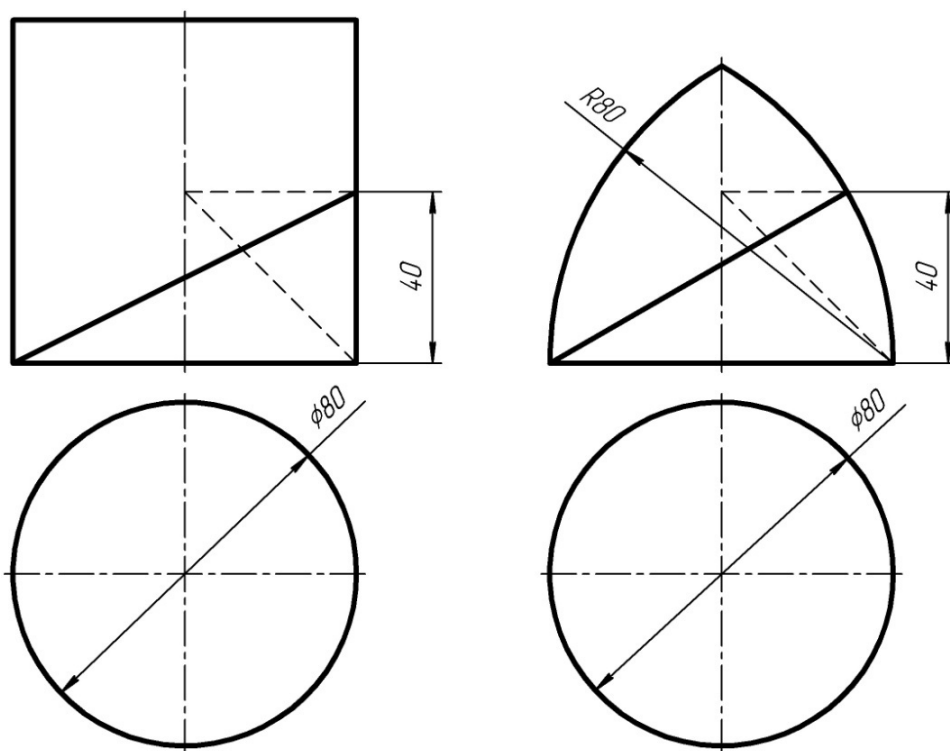
Вариант 28



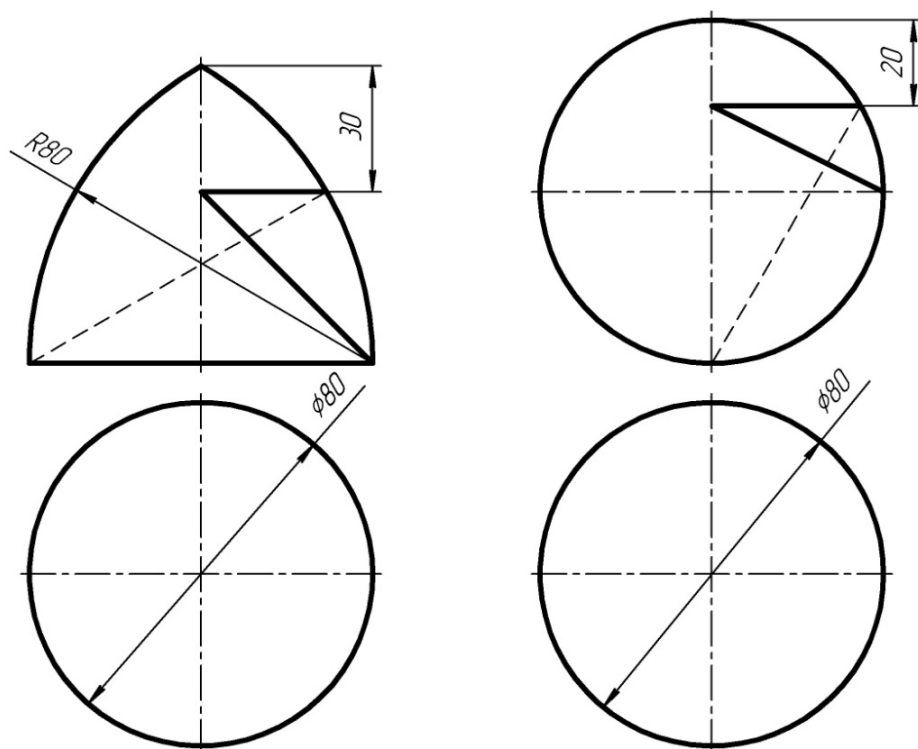
Вариант 29



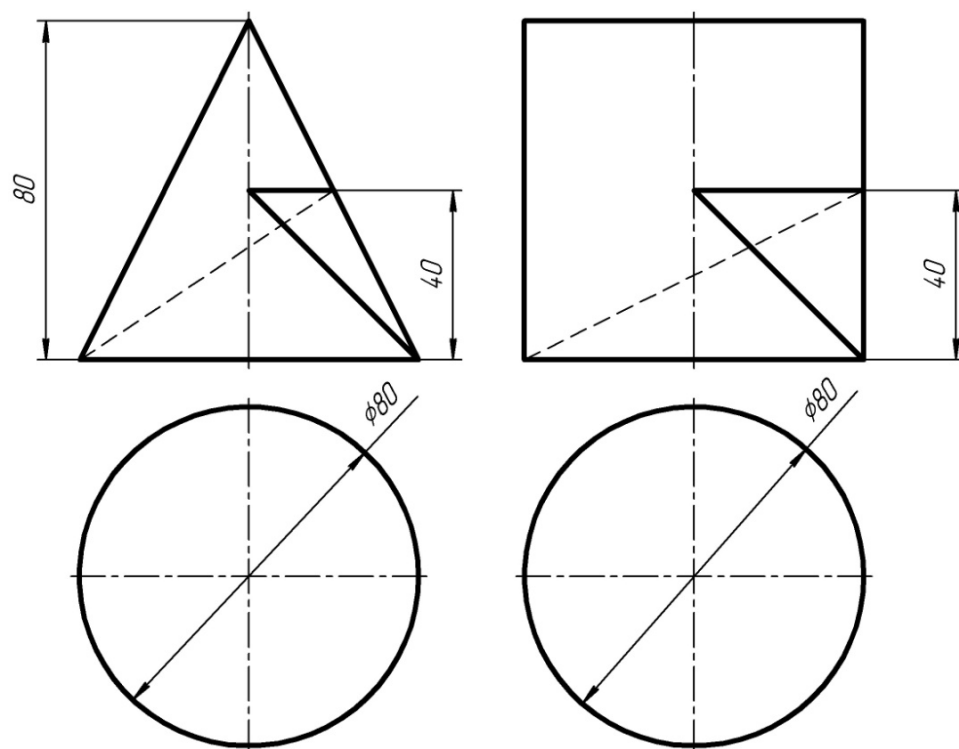
Вариант 30



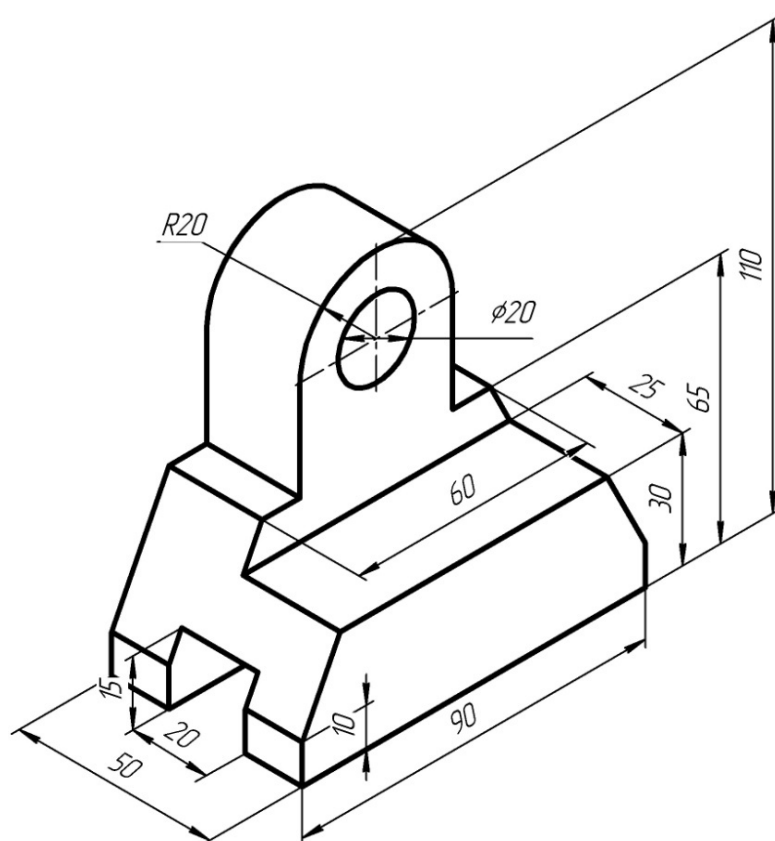
Вариант 31



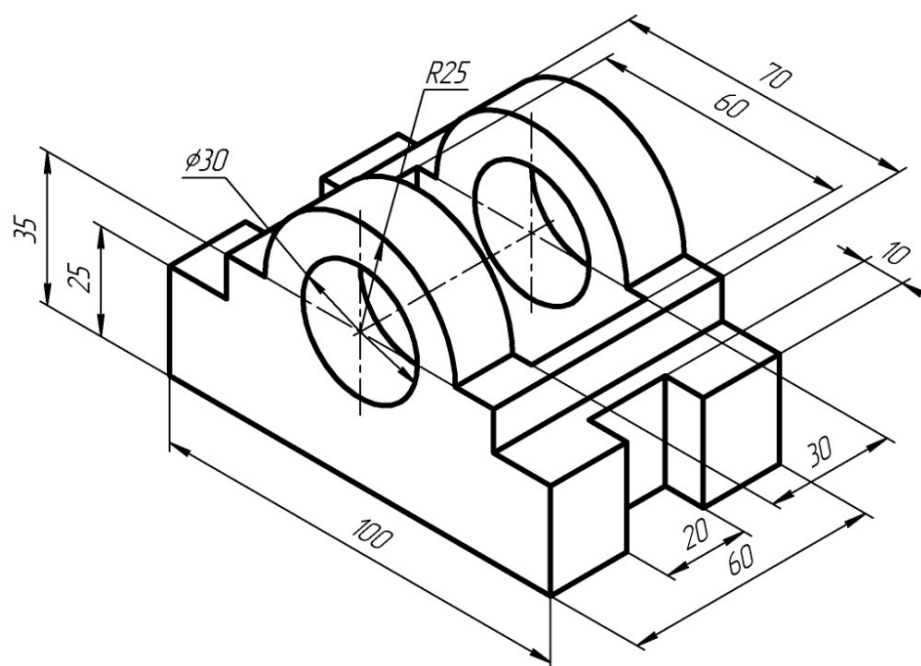
Вариант 32



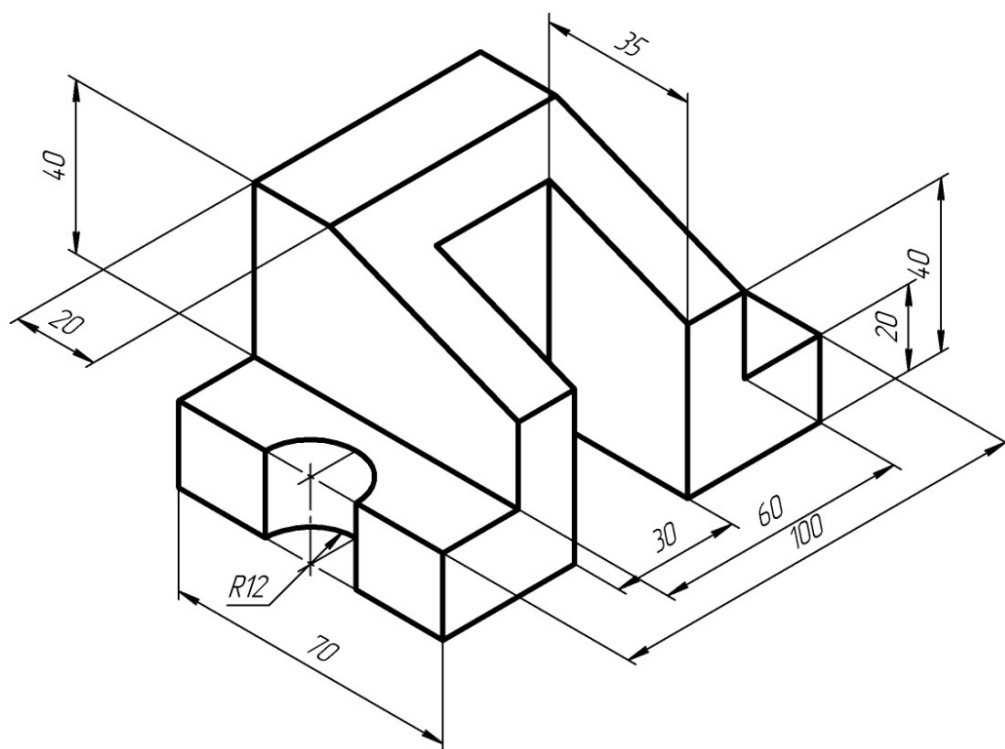
Вариант 1



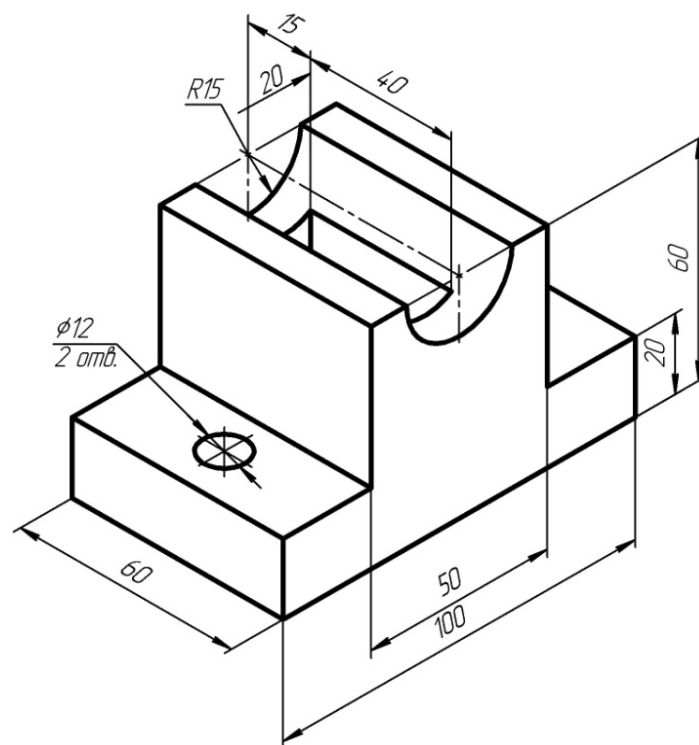
Вариант 2



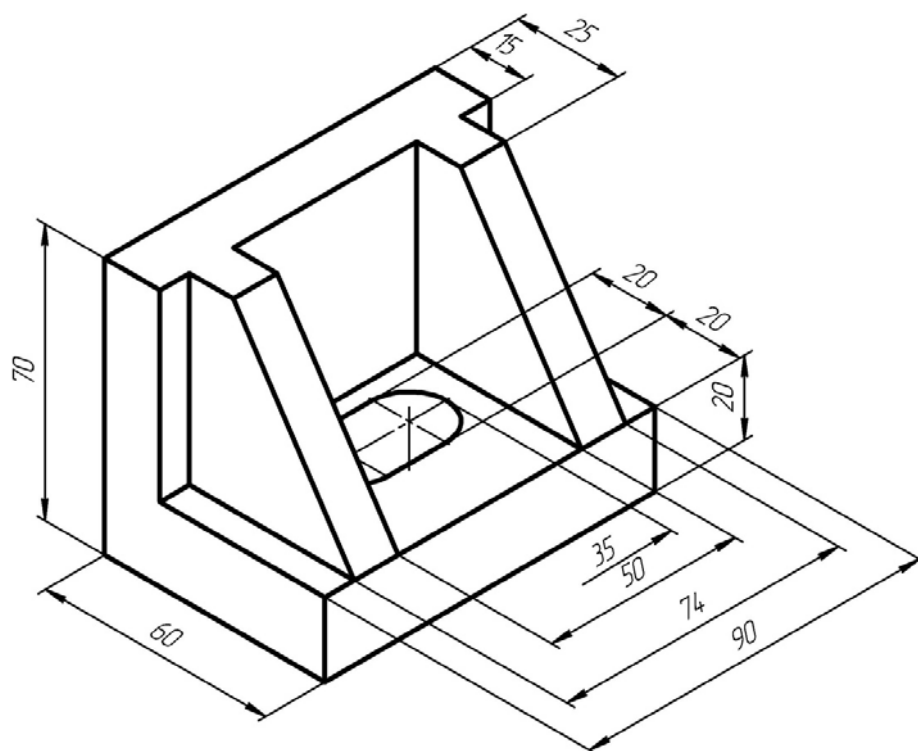
Вариант 3



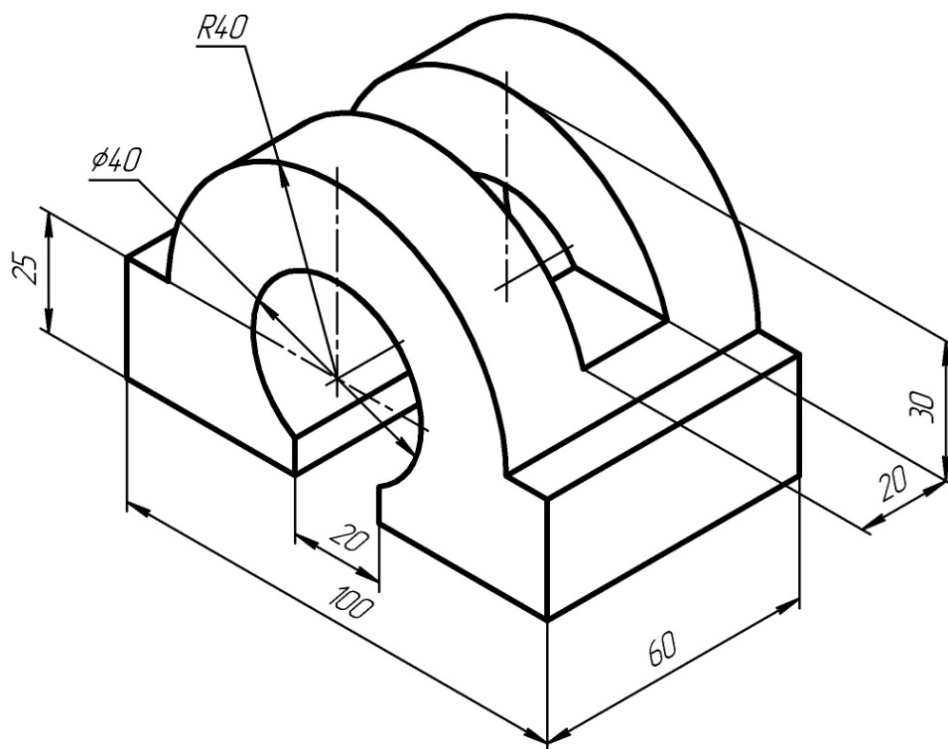
Вариант 4



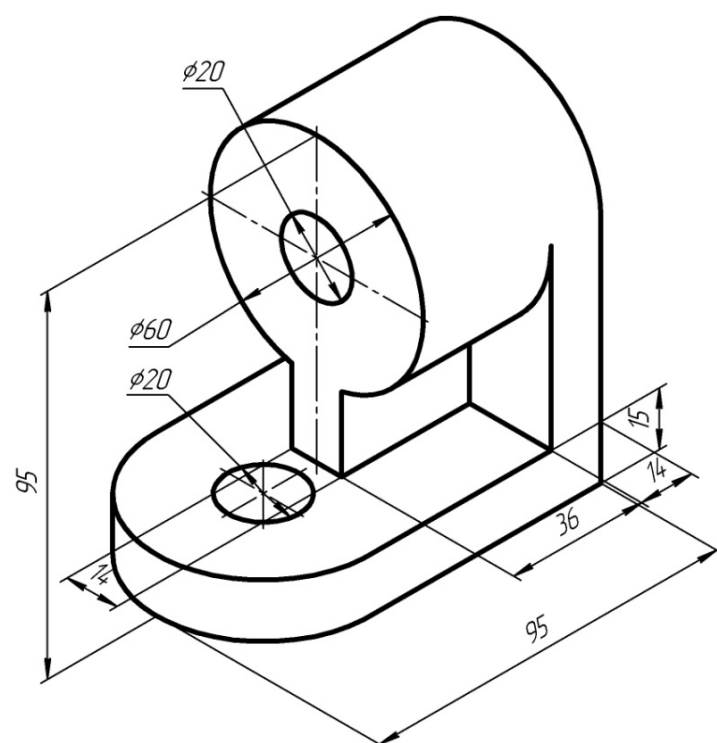
Вариант 5



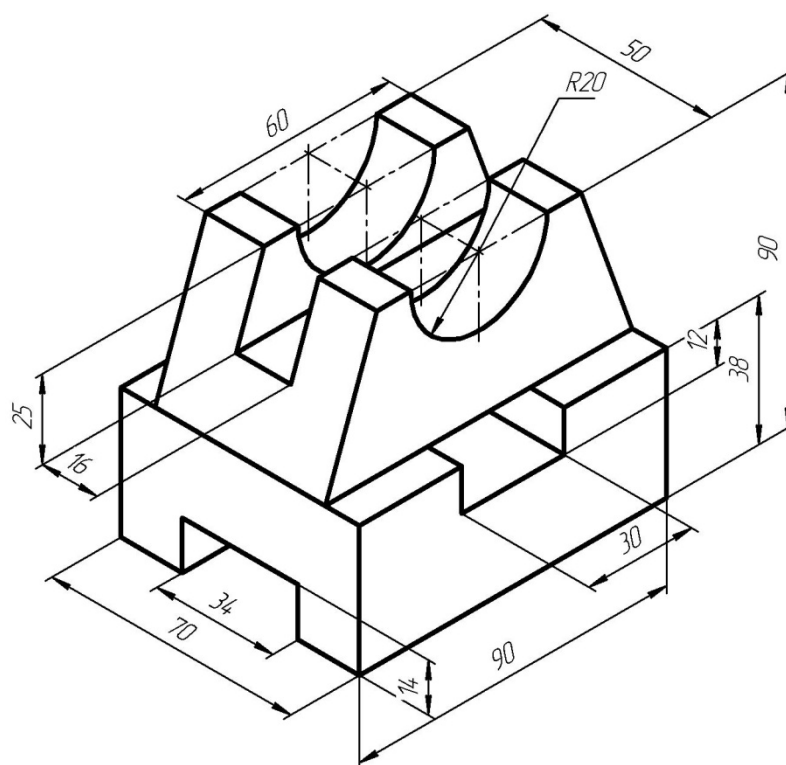
Вариант 6



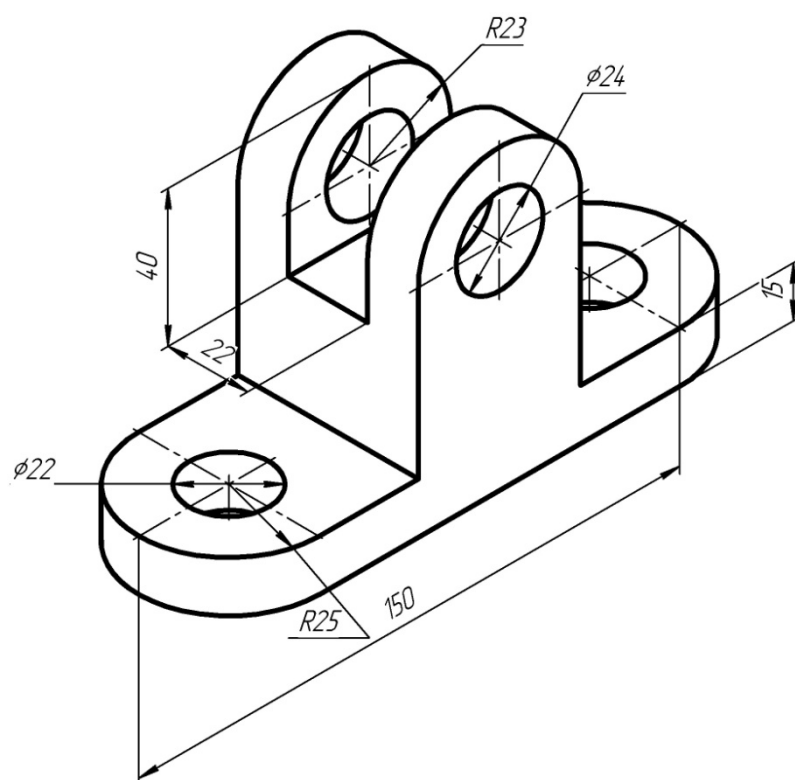
Вариант 7



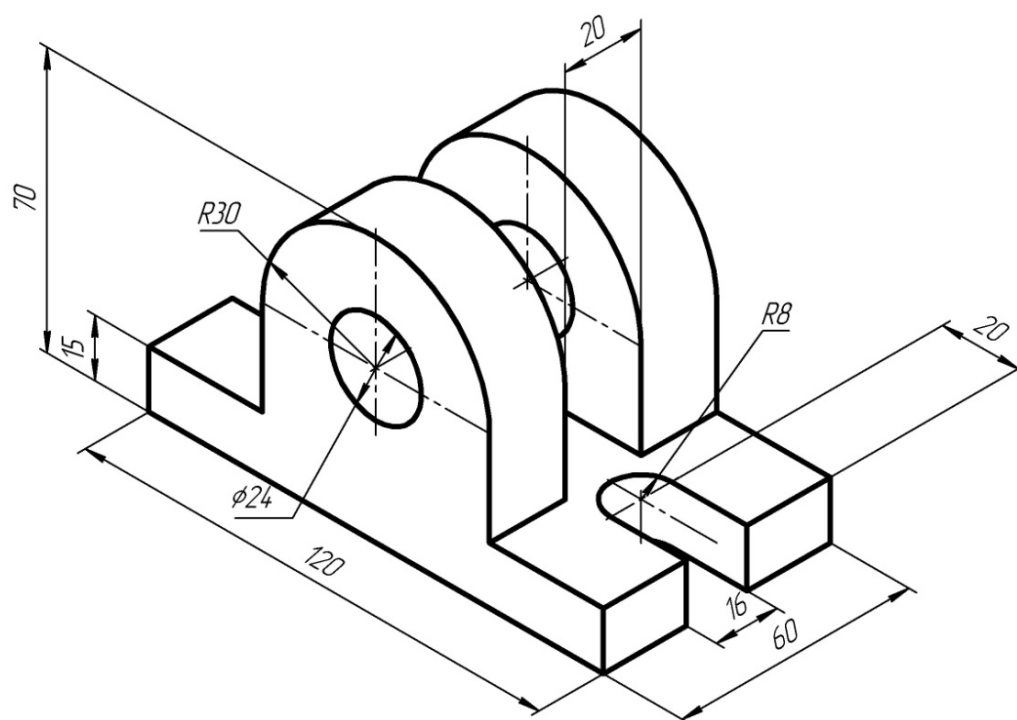
Вариант 8



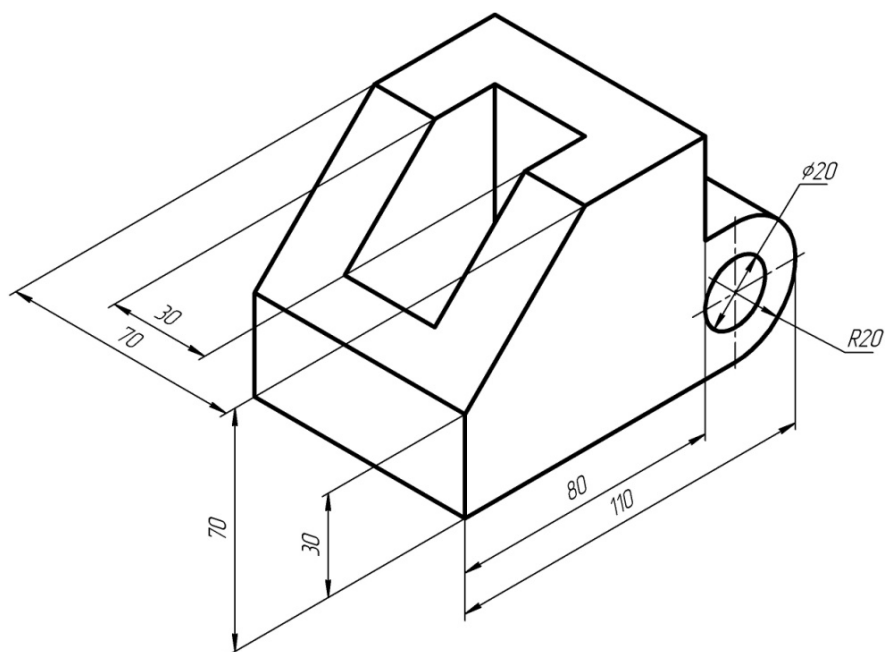
Вариант 9



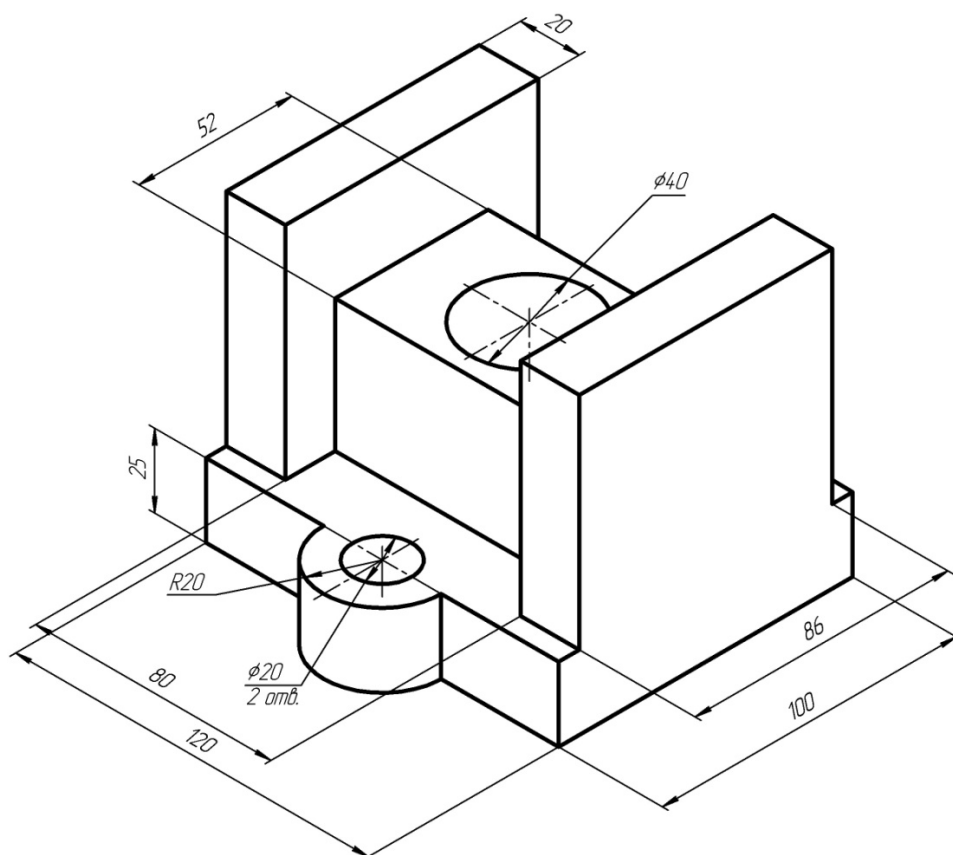
Вариант 10



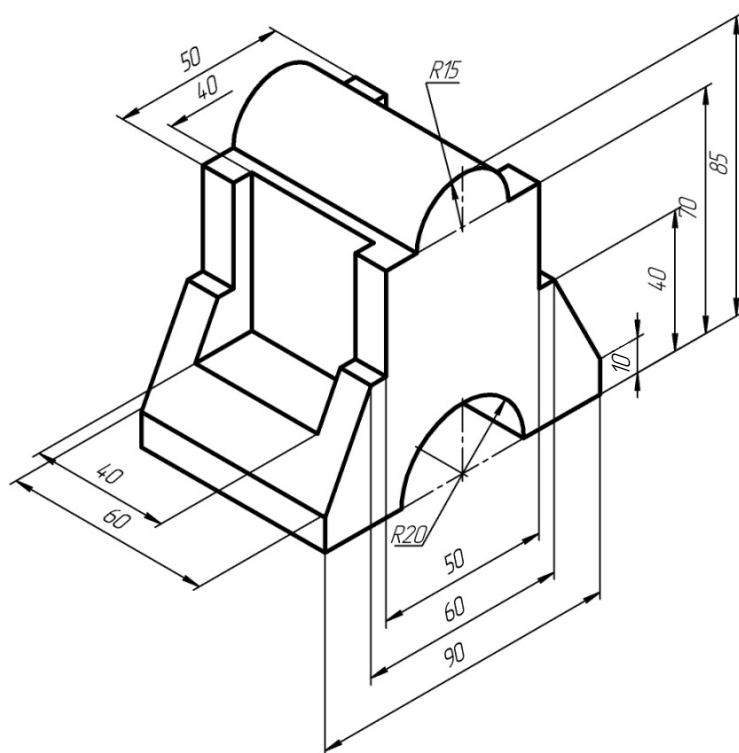
Вариант 11



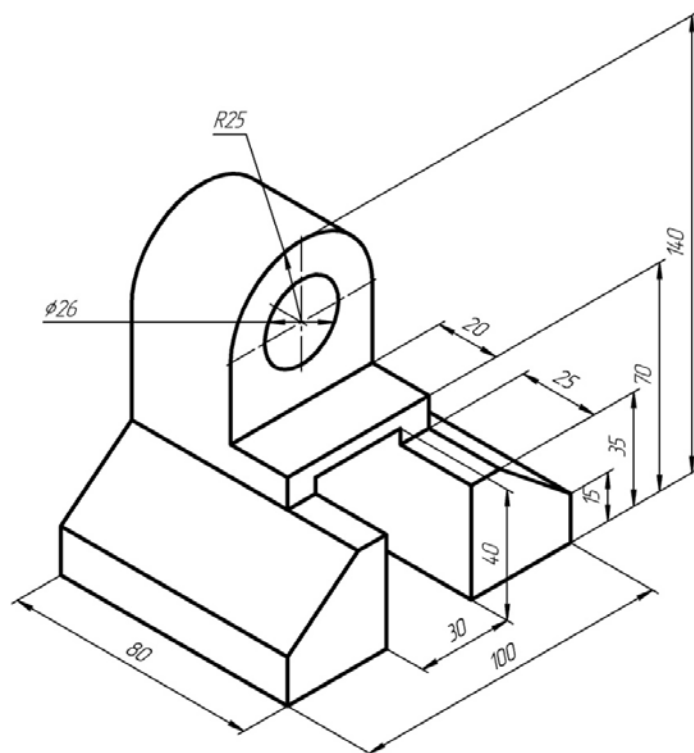
Вариант 12



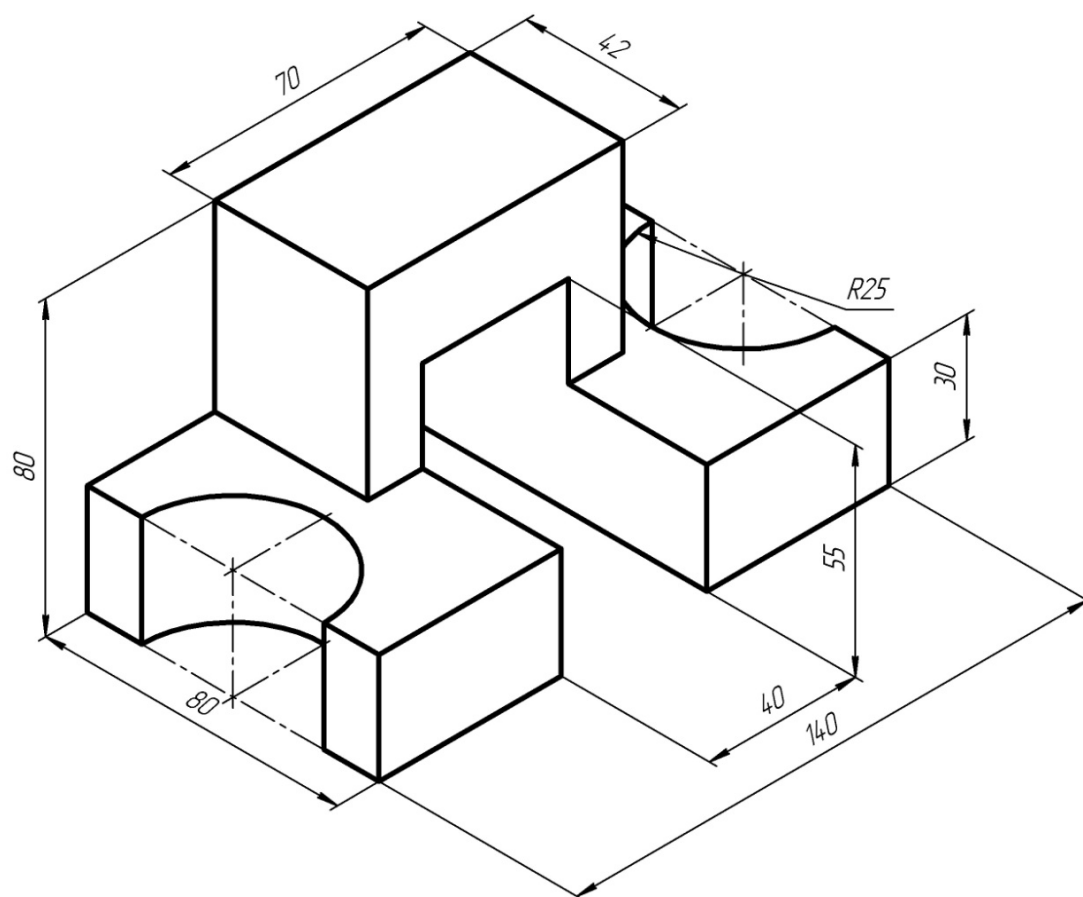
Вариант 13



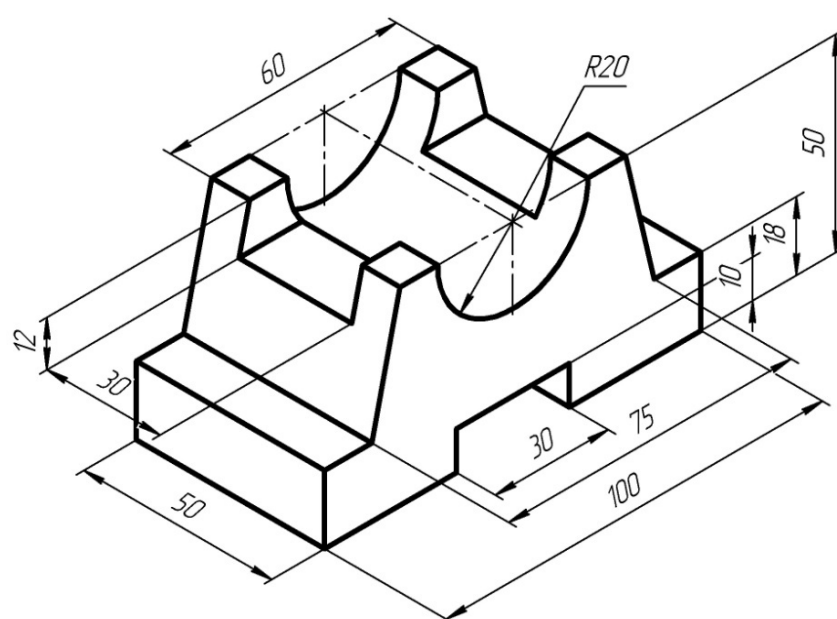
Вариант 14



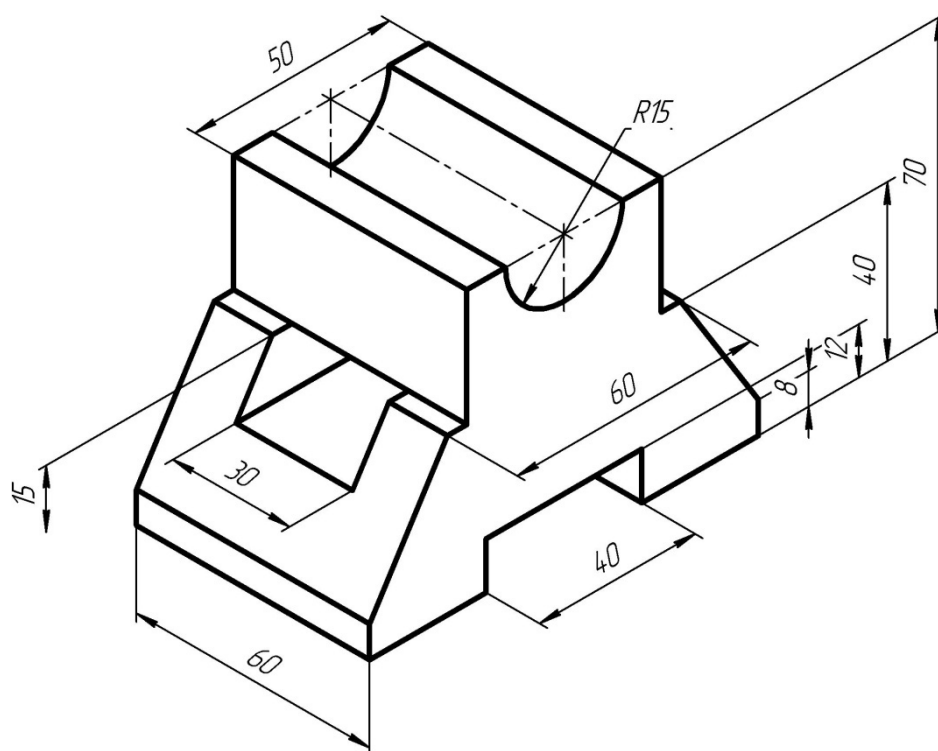
Вариант 15



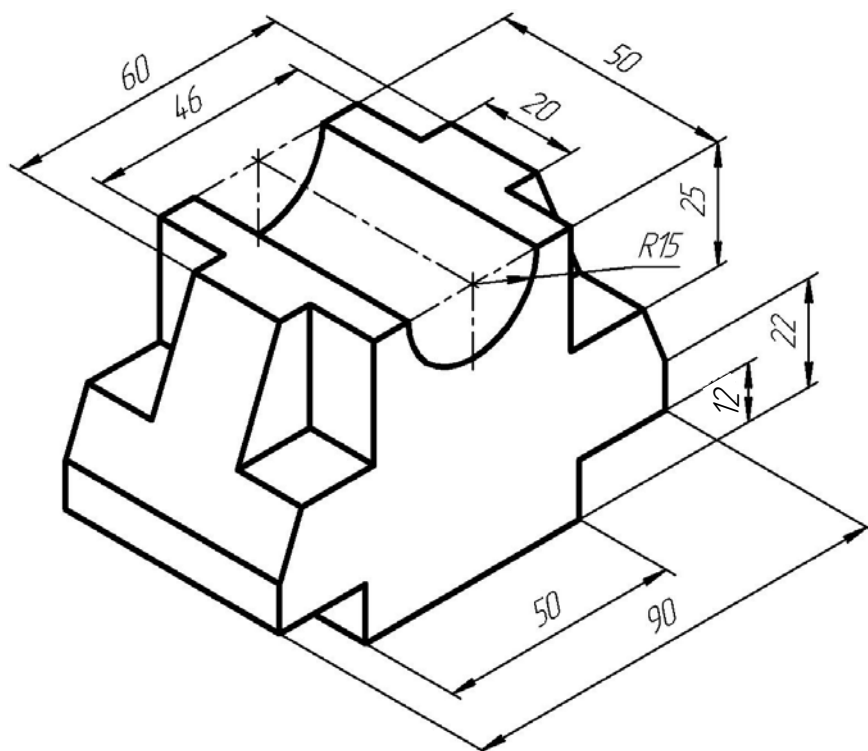
Вариант 16



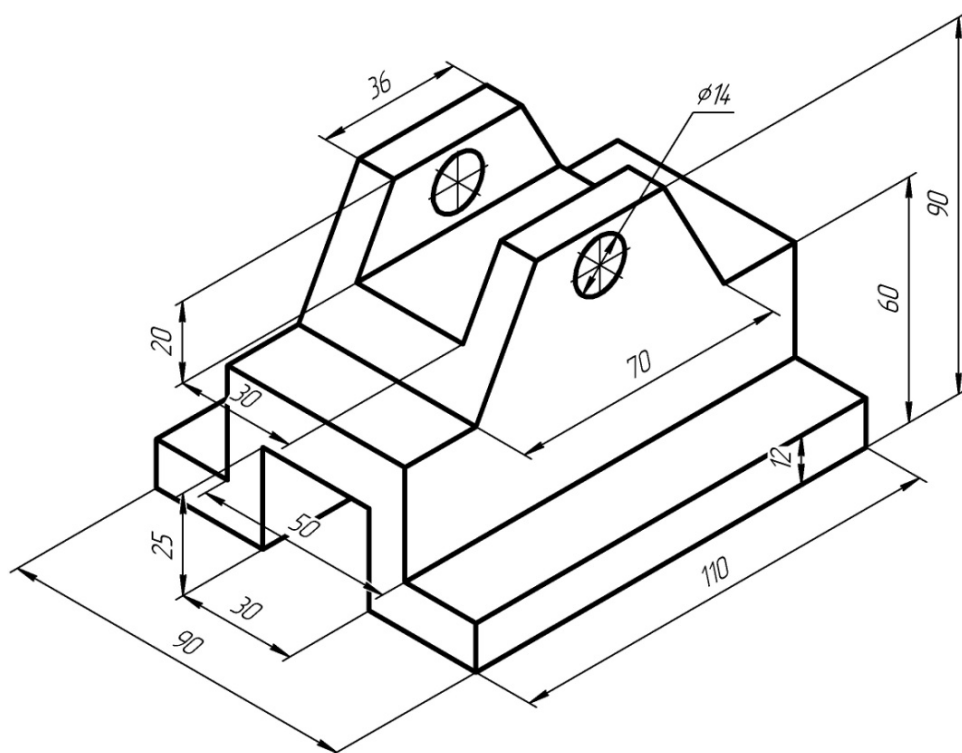
Вариант 17



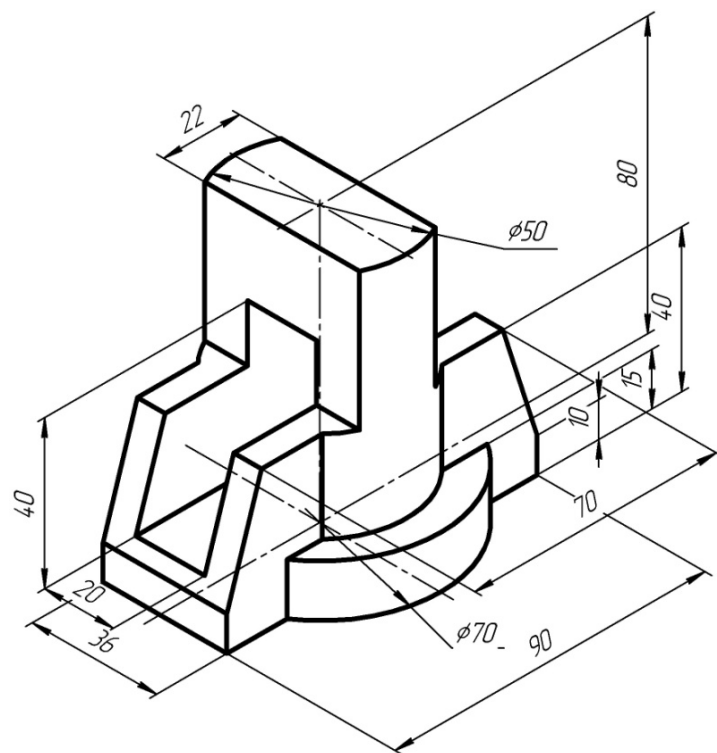
Вариант 18



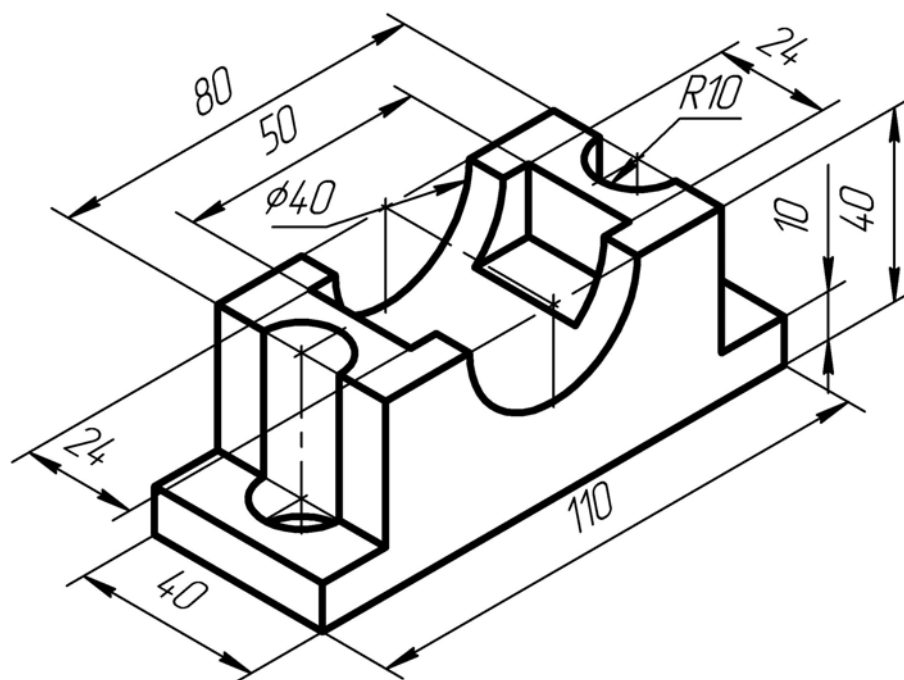
Вариант 19



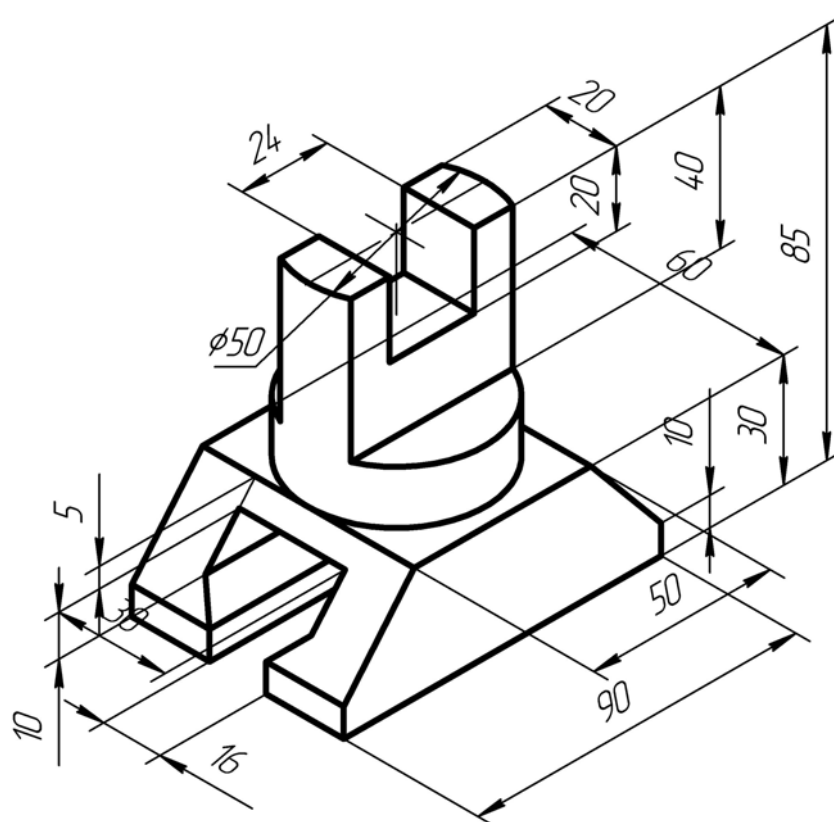
Вариант 20



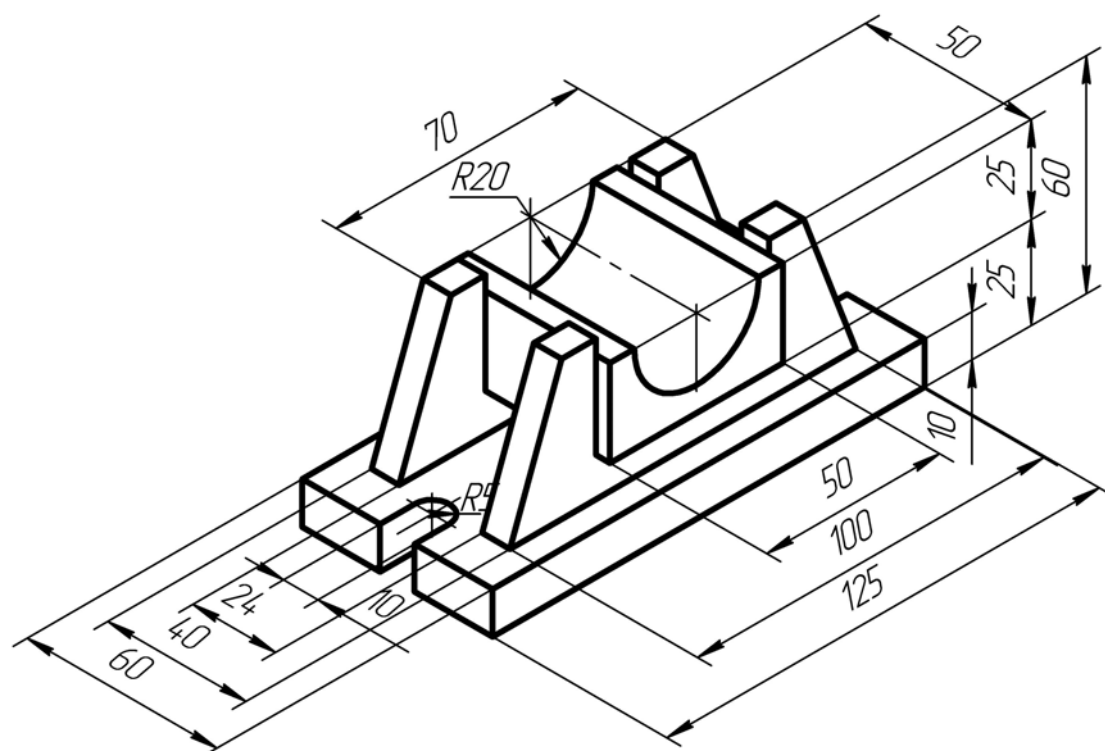
Вариант 21



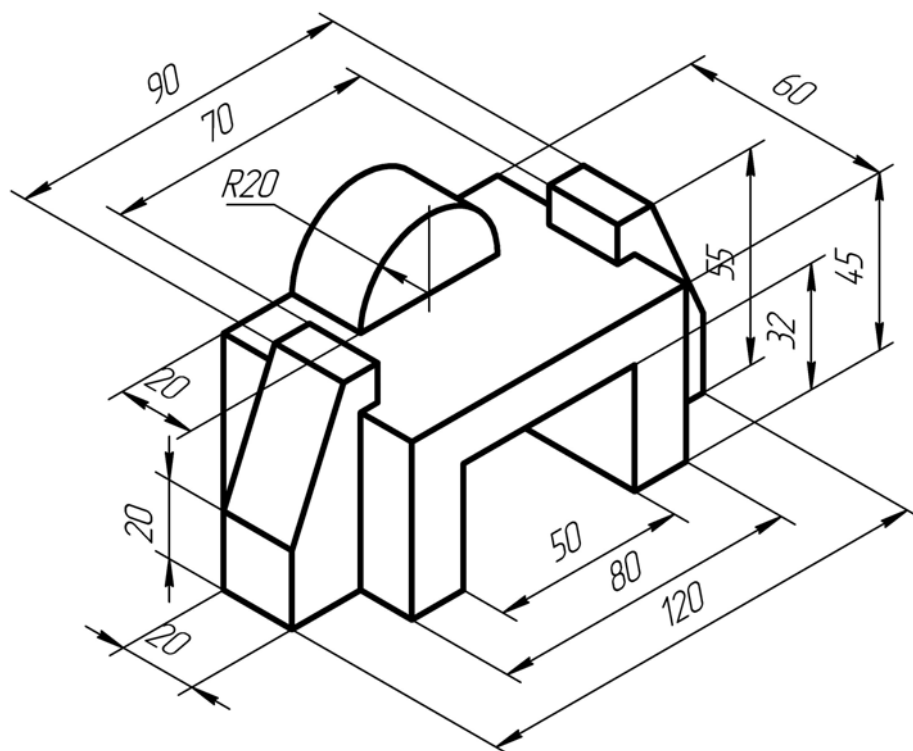
Вариант 22



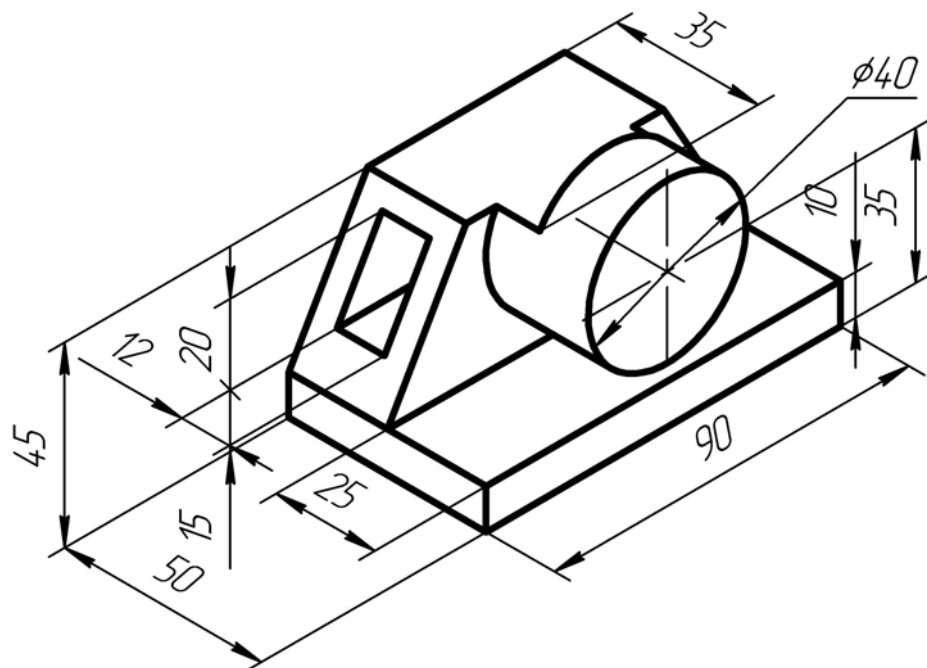
Вариант 23



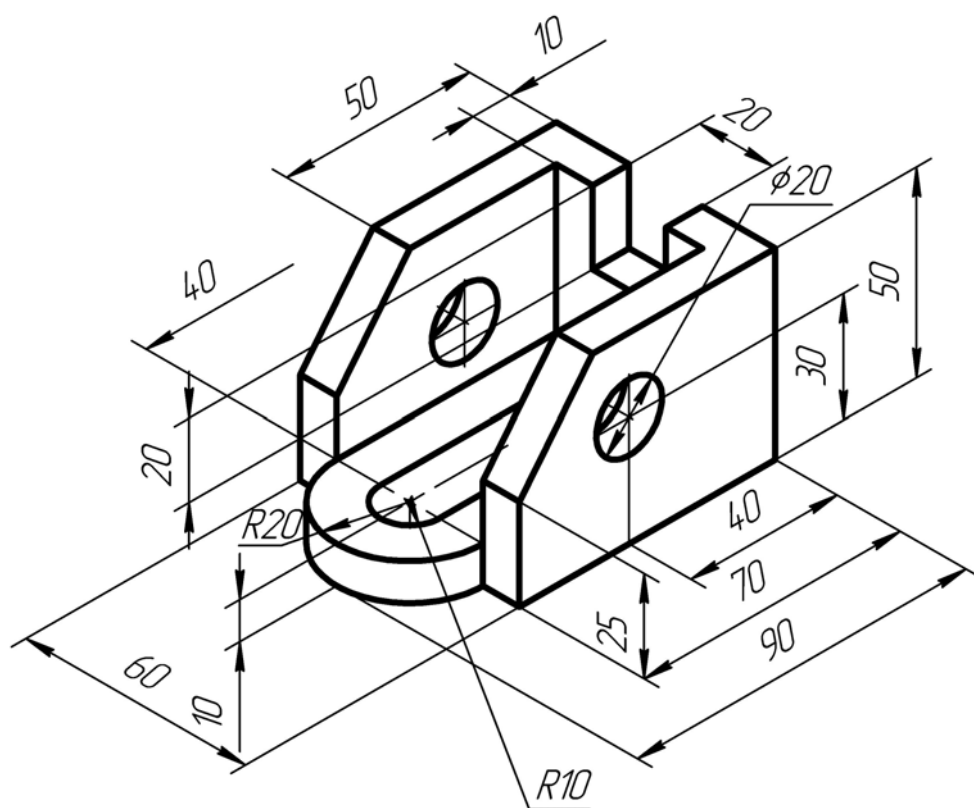
Вариант 24



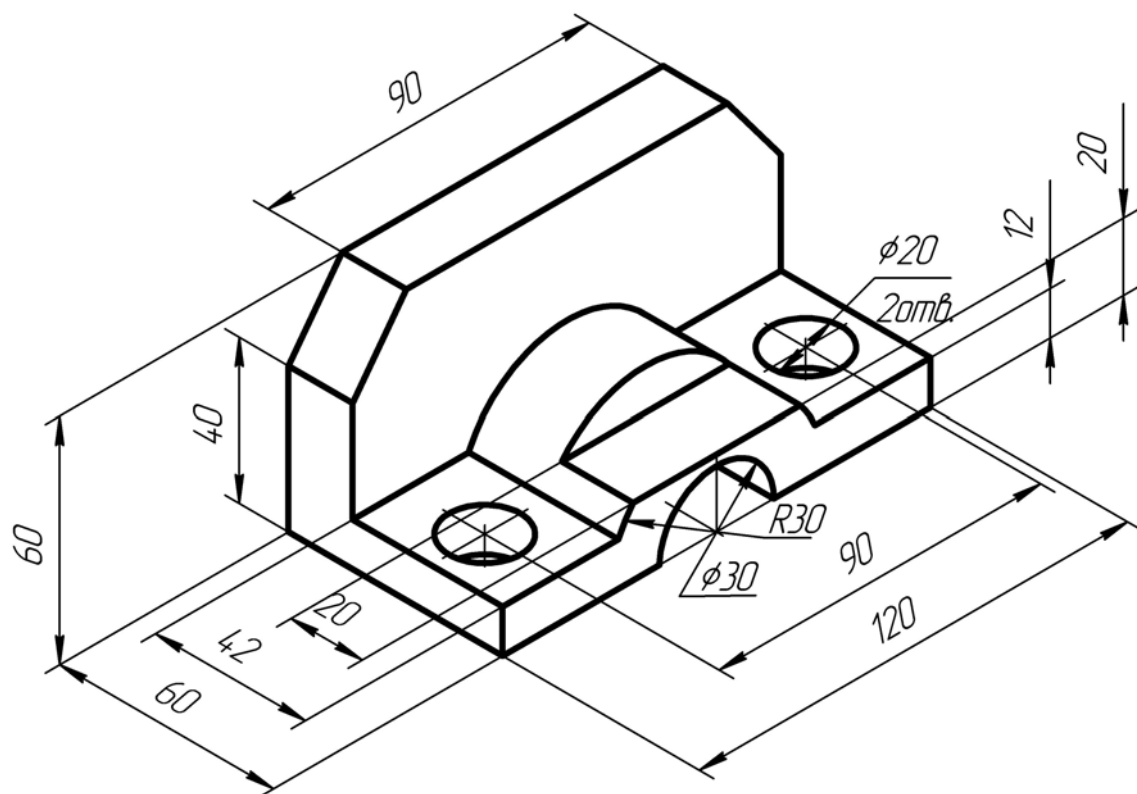
Вариант 25



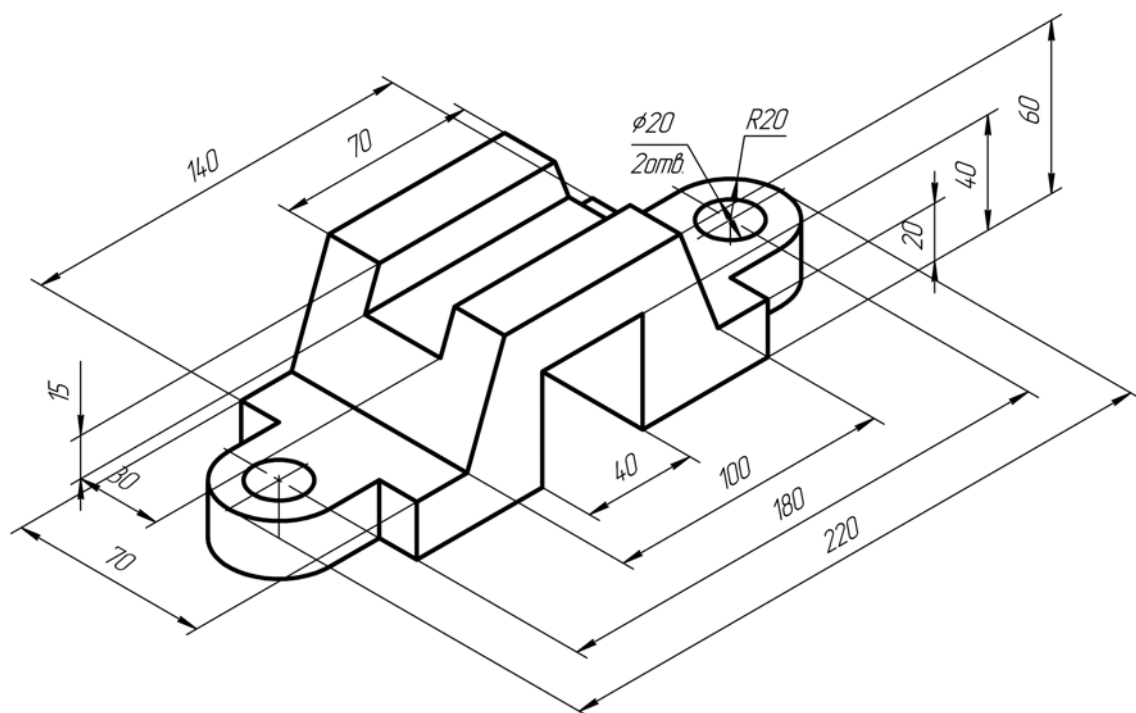
Вариант 26



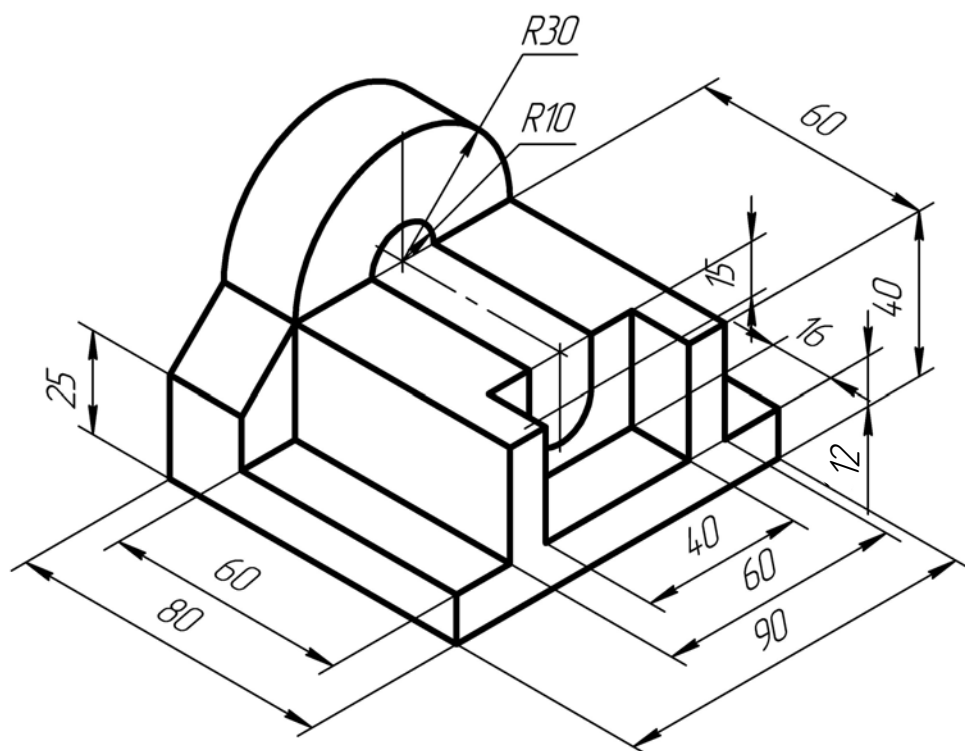
Вариант 27



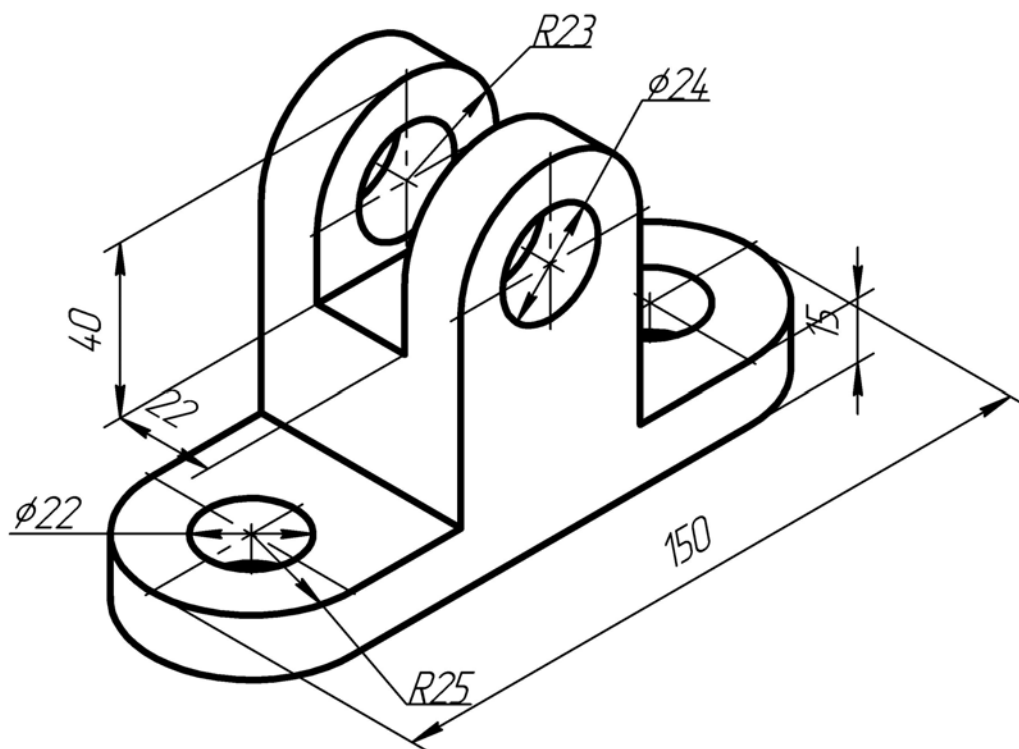
Вариант 28



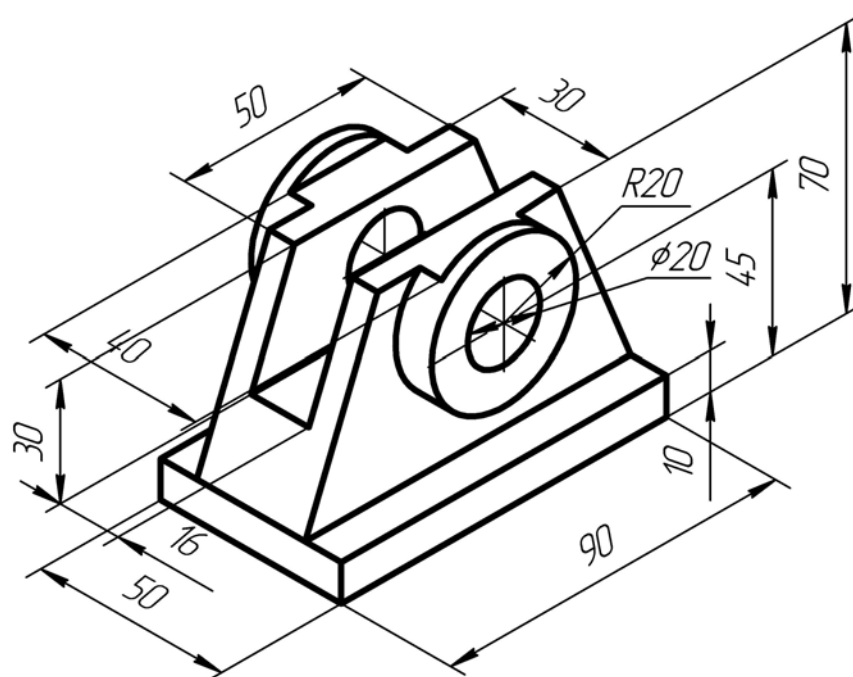
Вариант 29



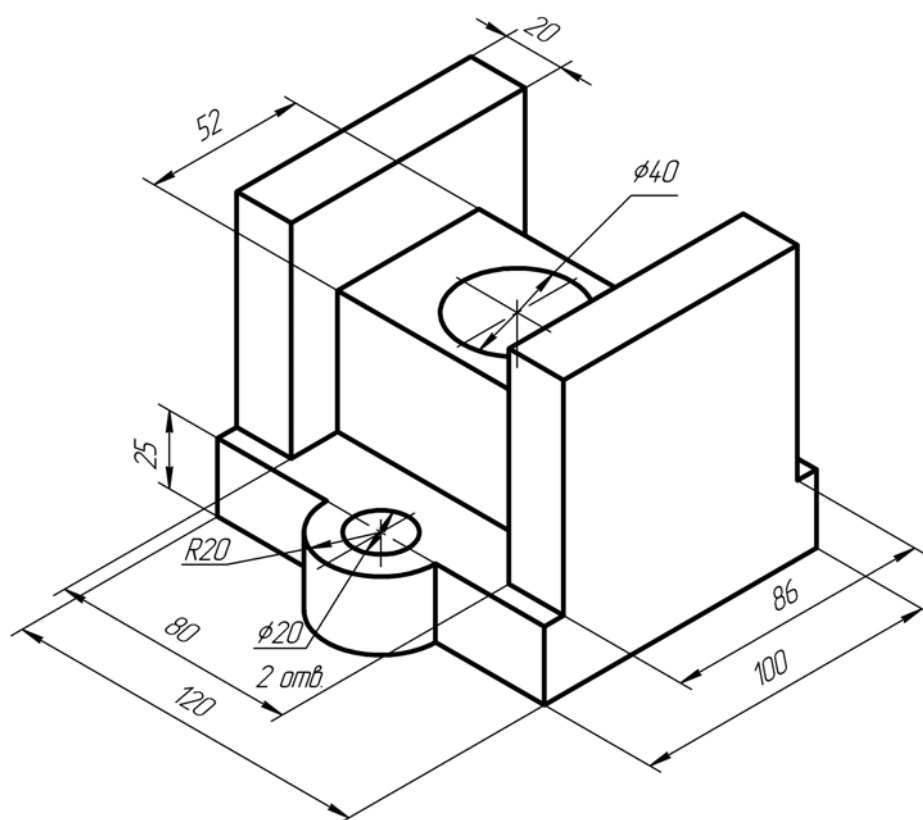
Вариант 30



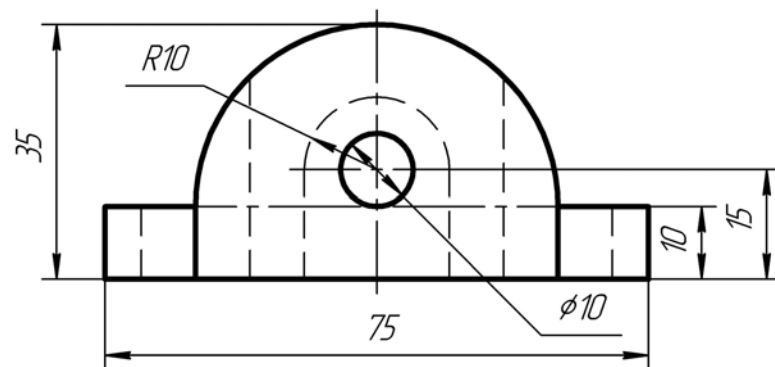
Вариант 31



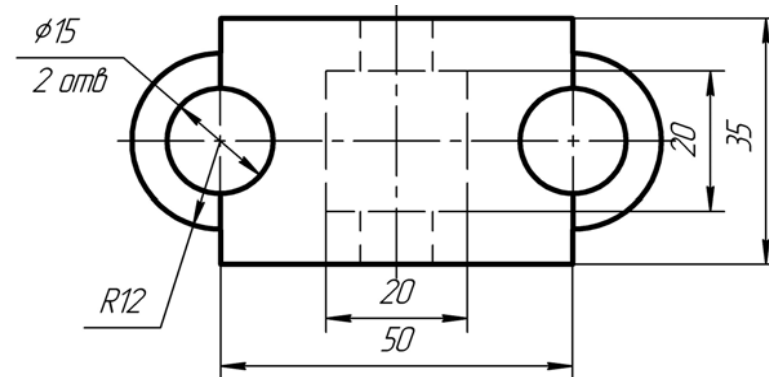
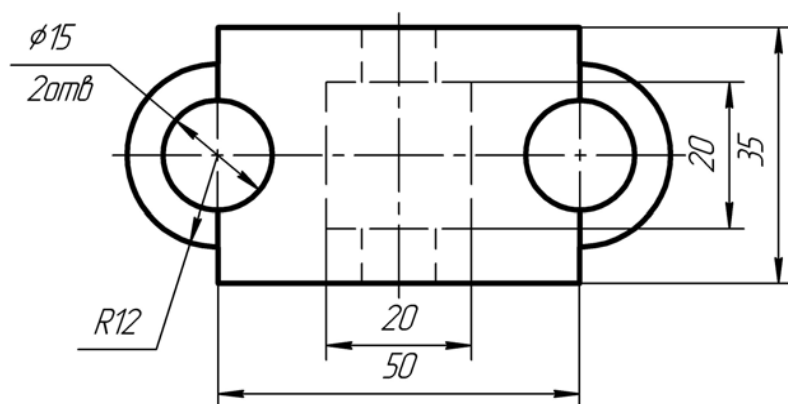
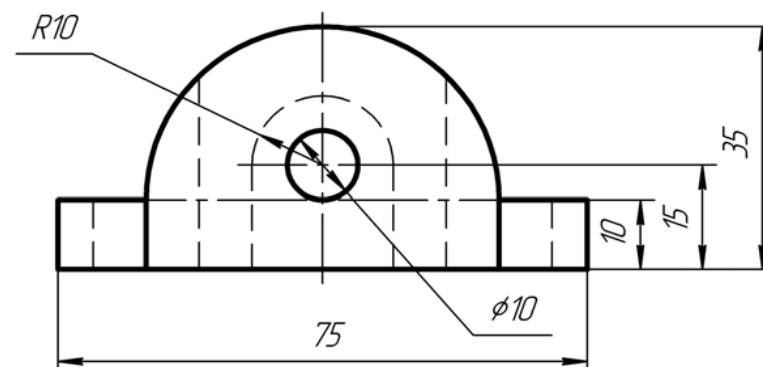
Вариант 32



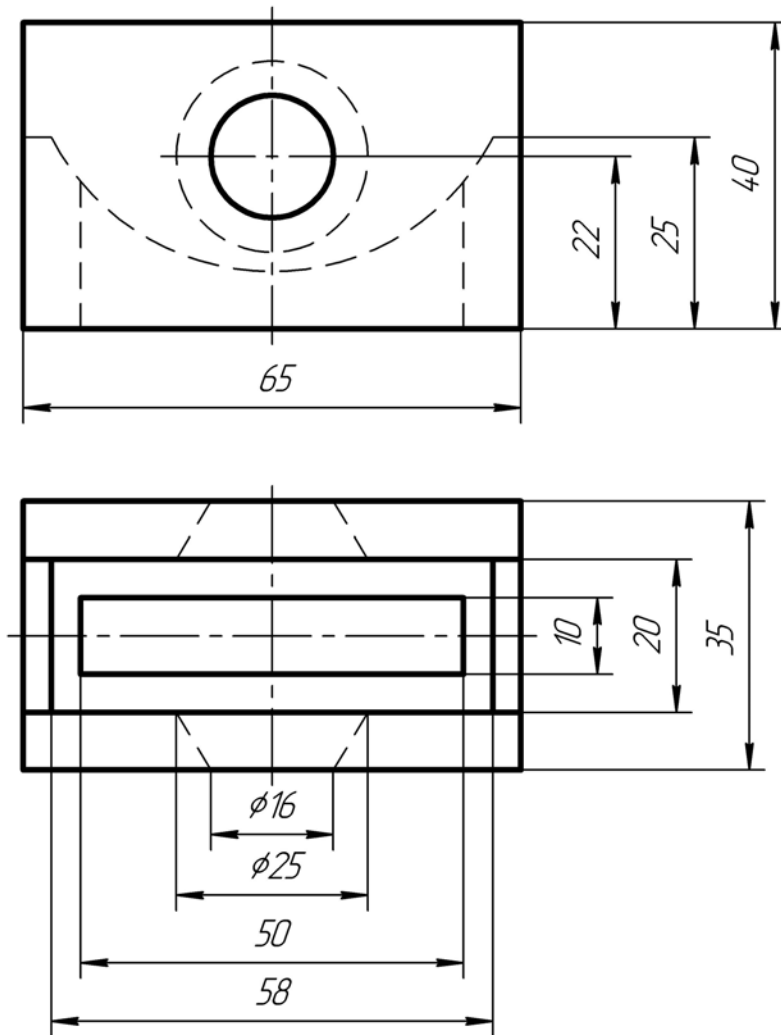
Вариант 1



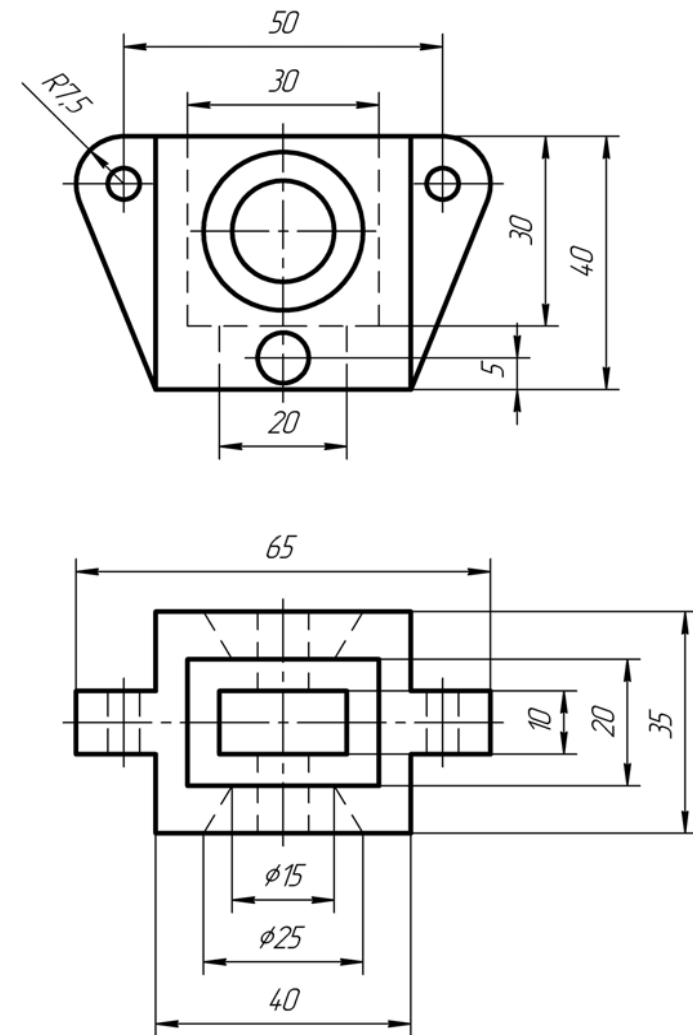
Вариант 2



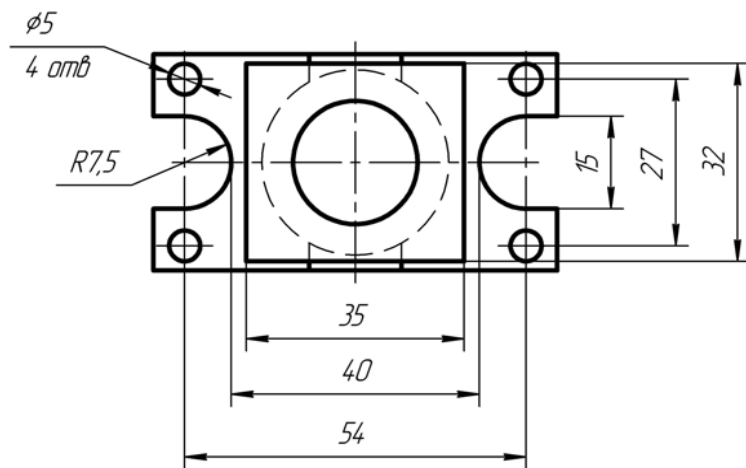
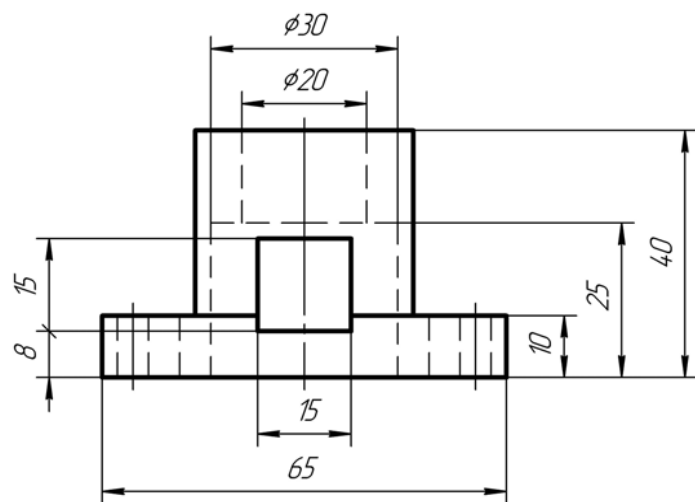
Вариант 3



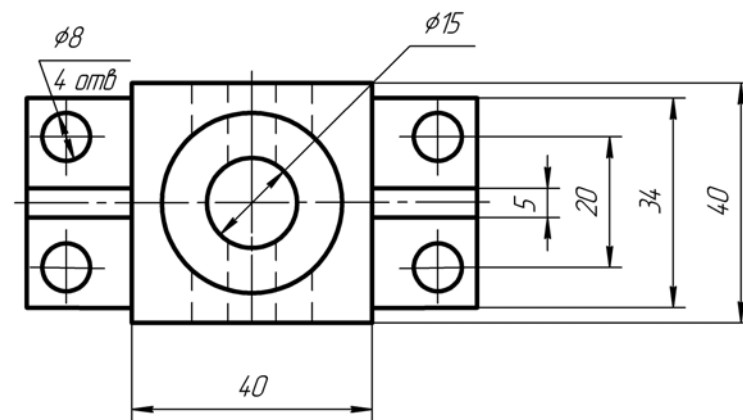
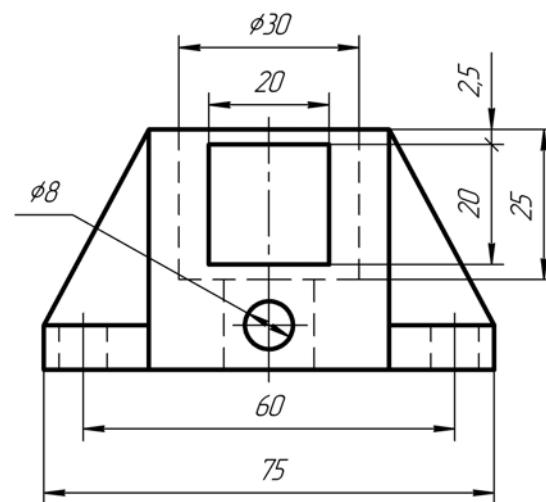
Вариант 4



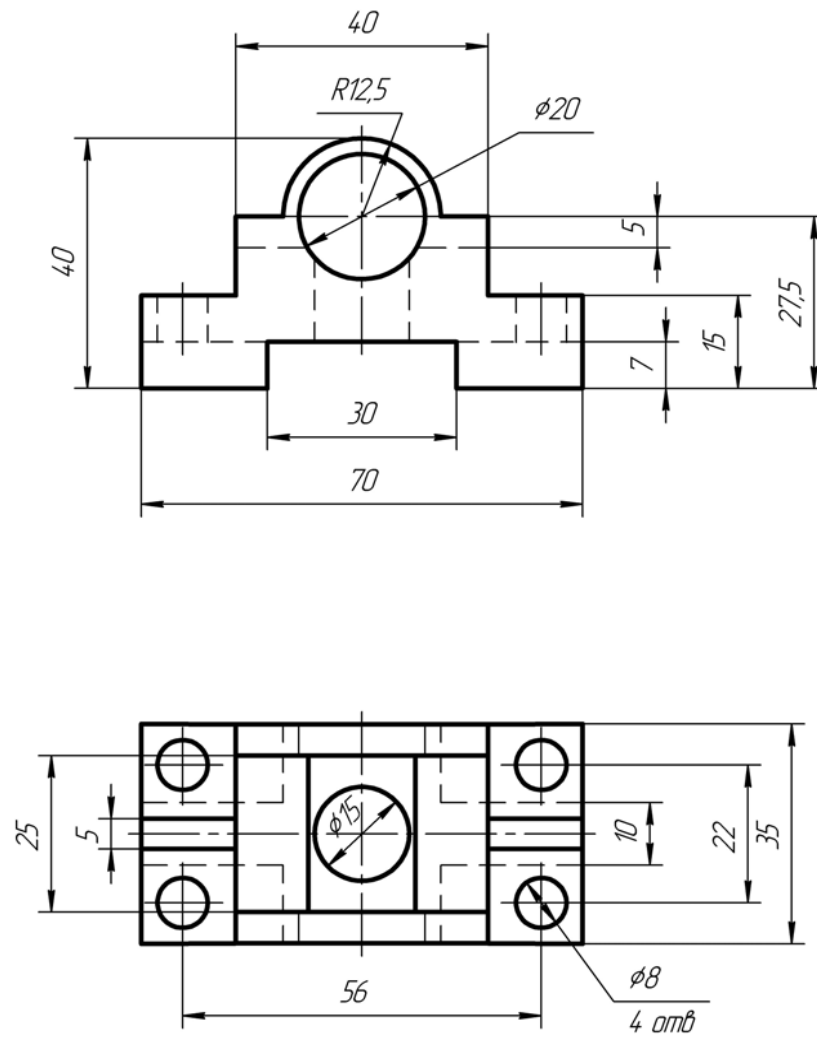
Вариант 5



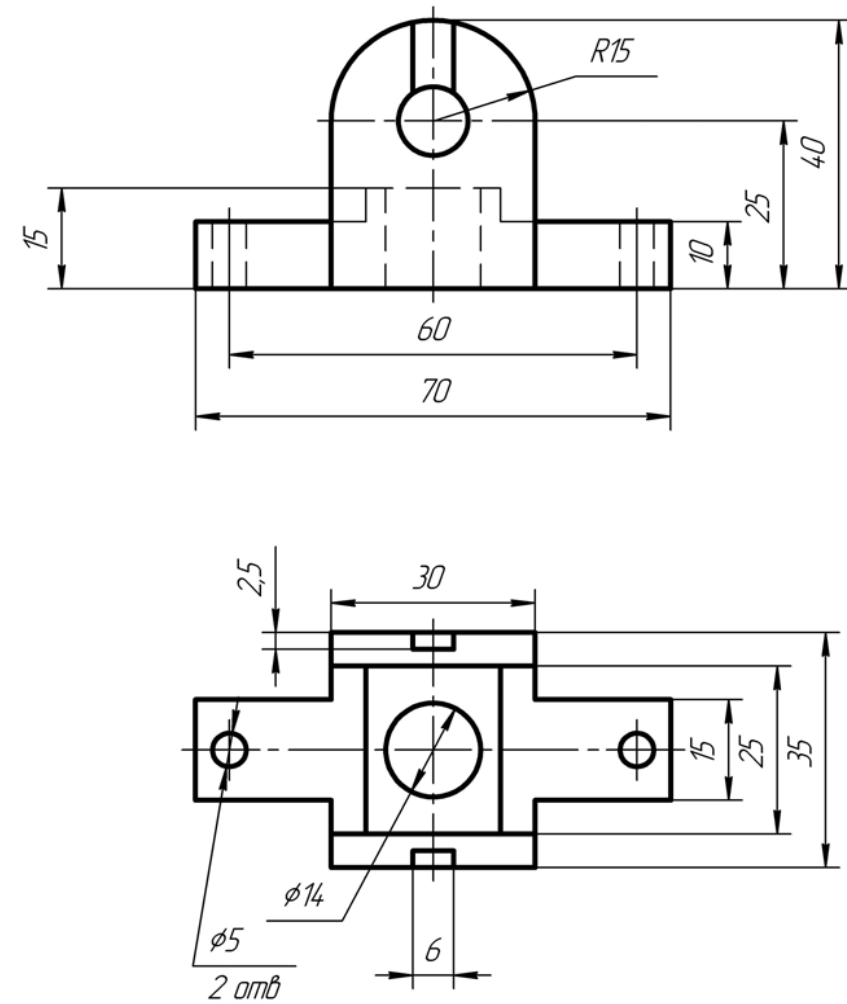
Вариант 6



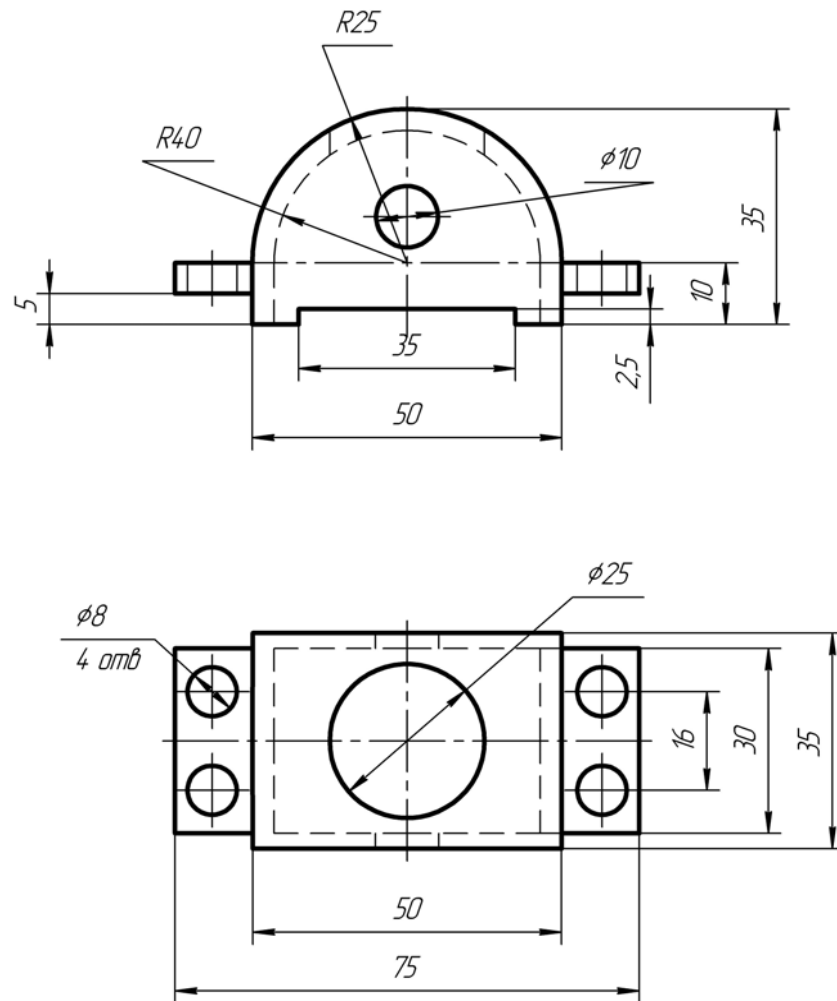
Вариант 7



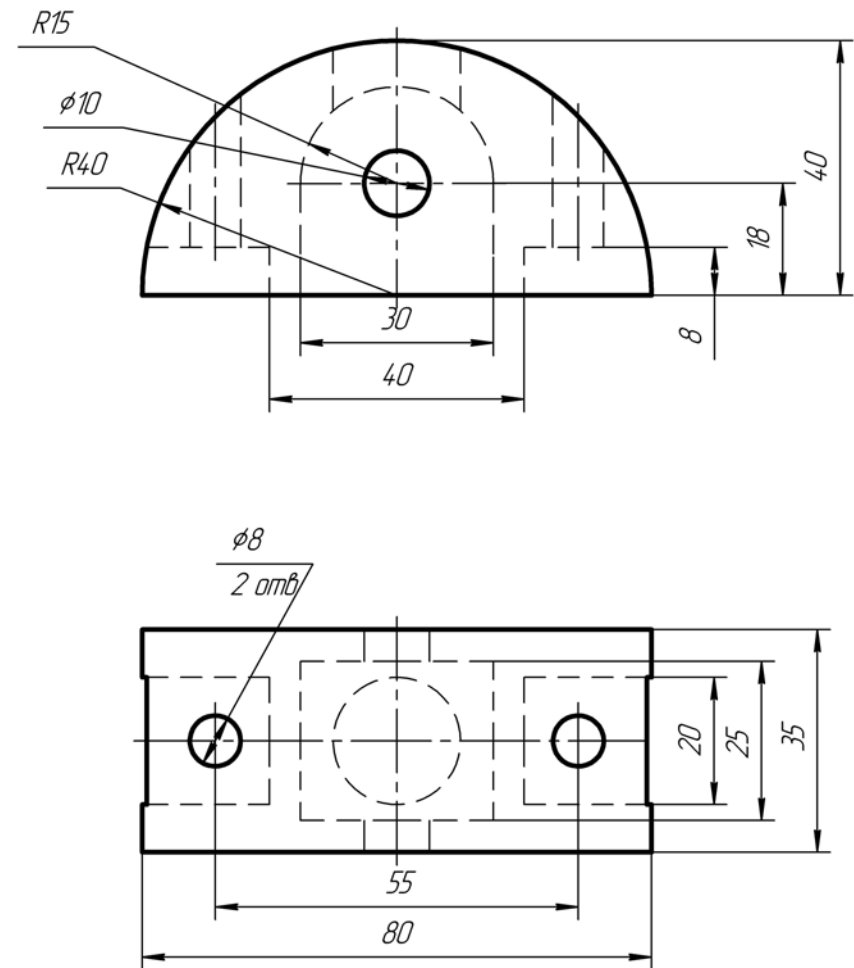
Вариант 8



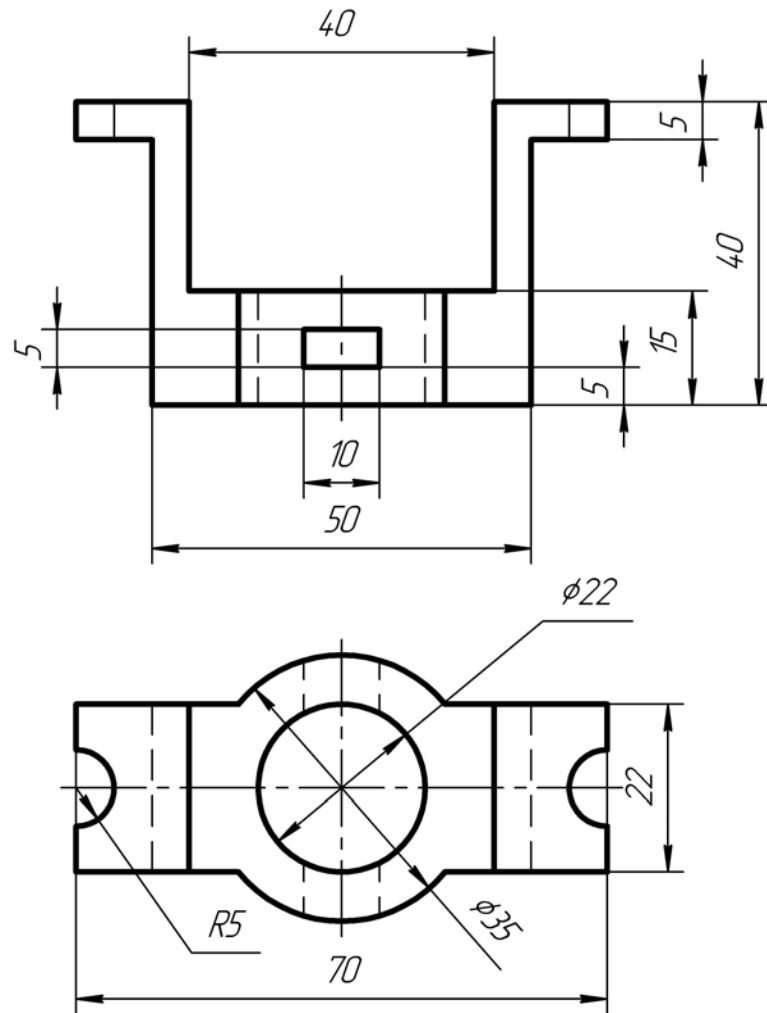
Вариант 9



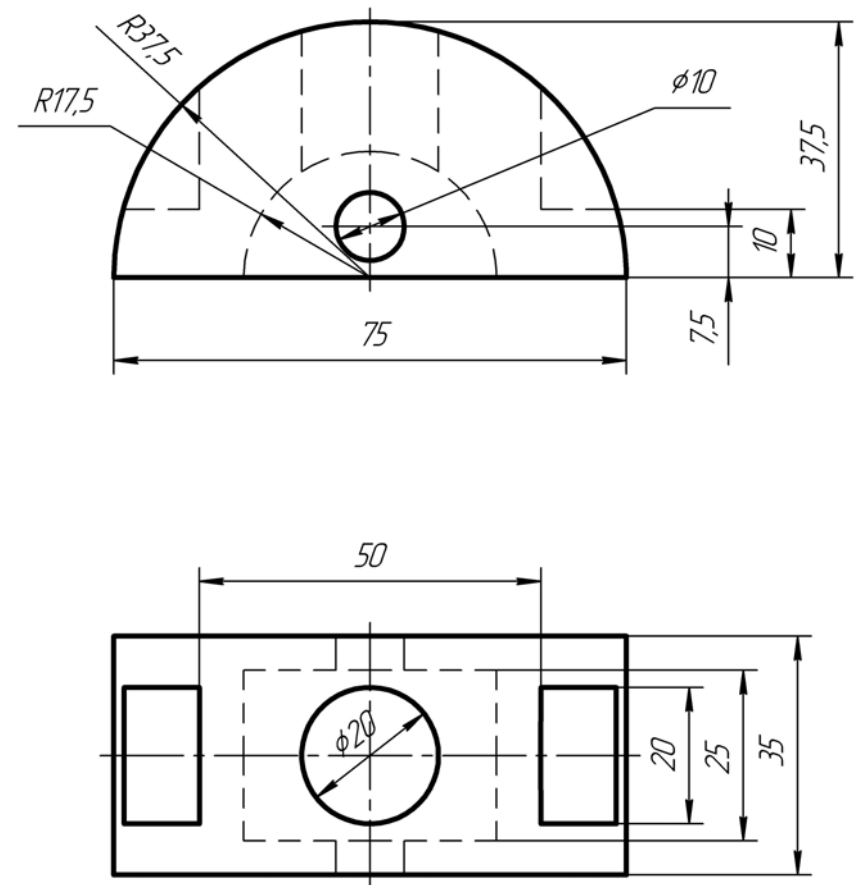
Вариант 10



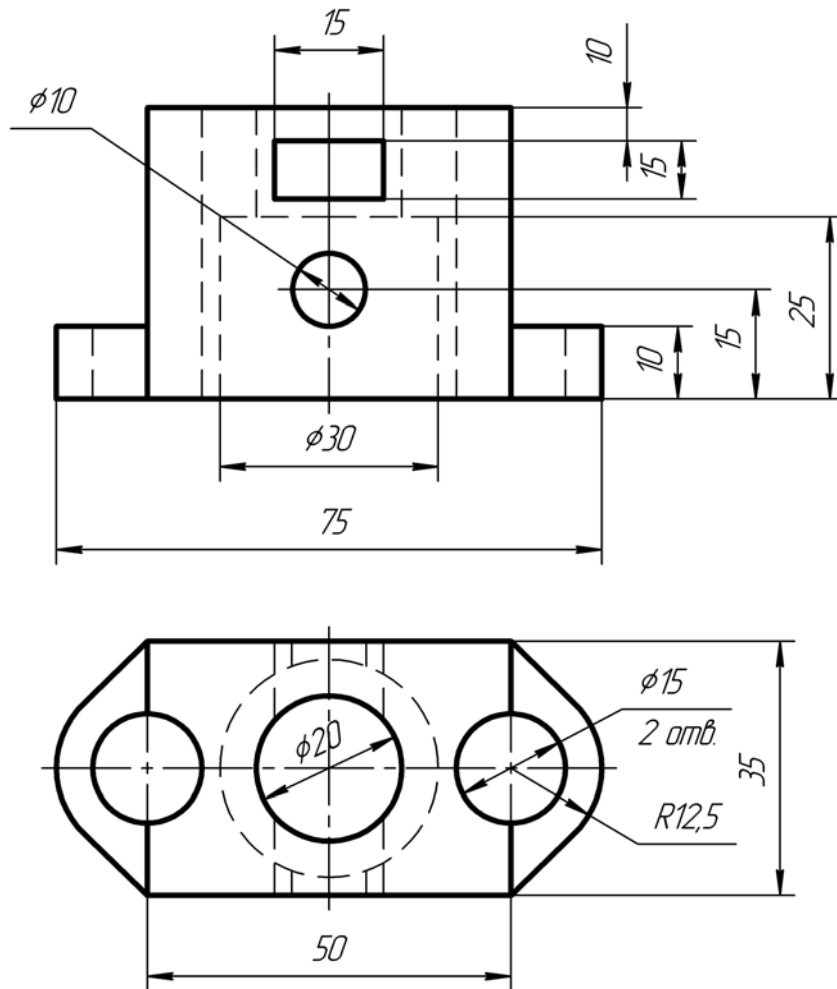
Вариант 11



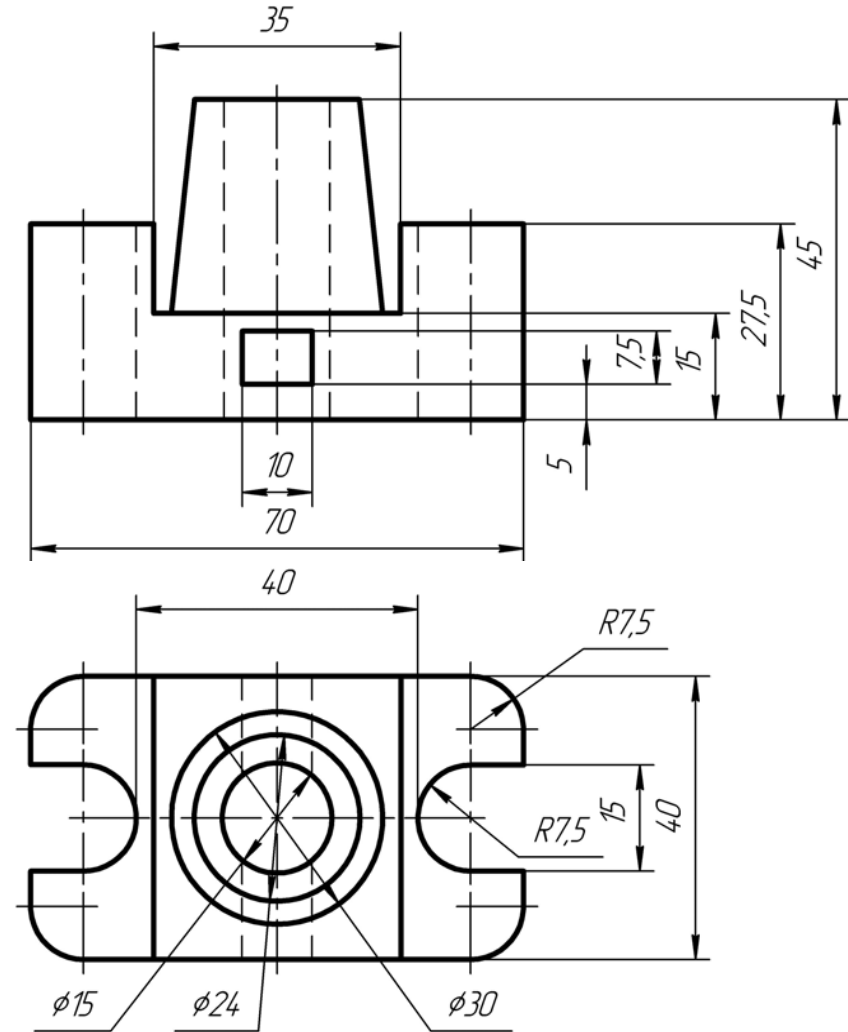
Вариант 12



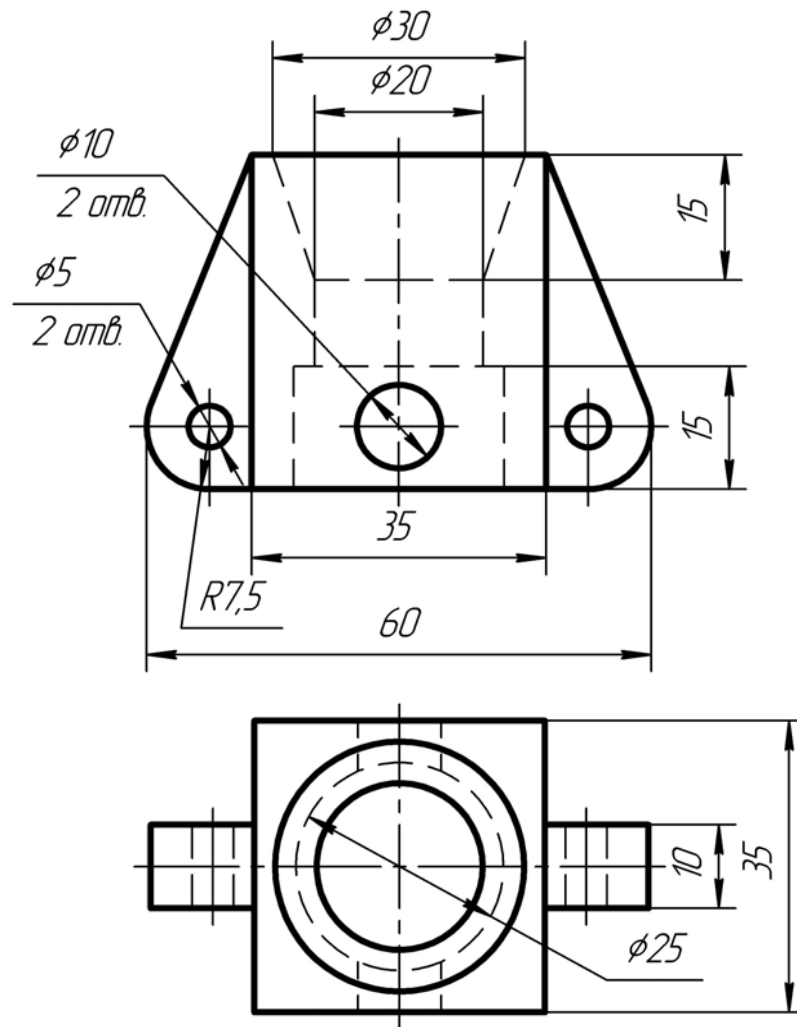
Вариант 13



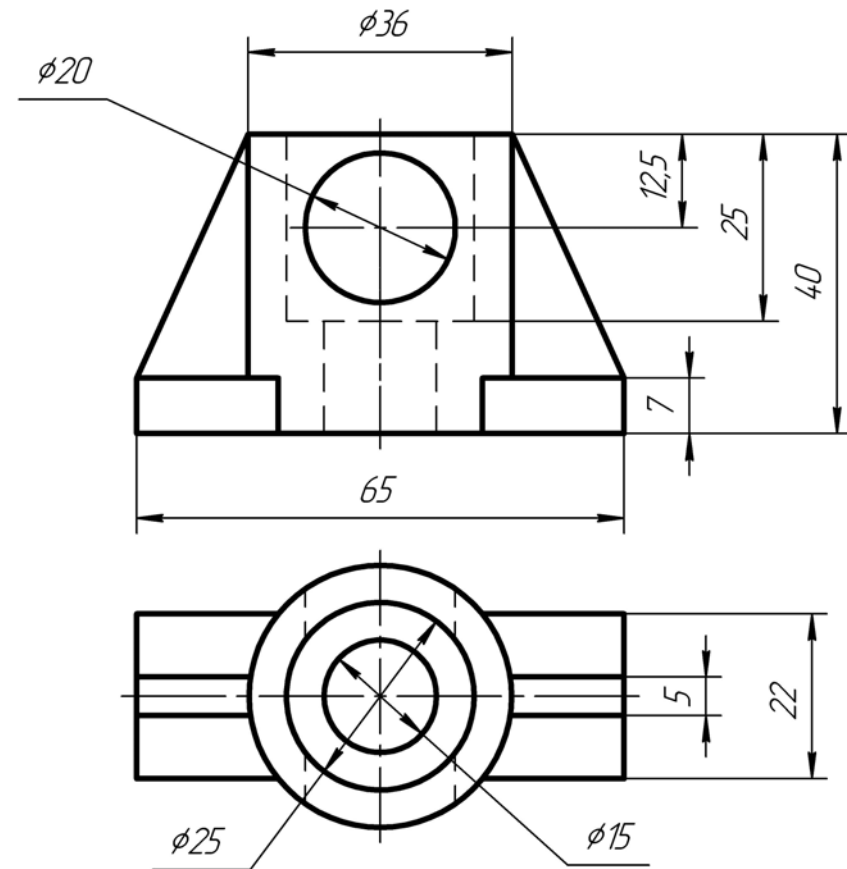
Вариант 14



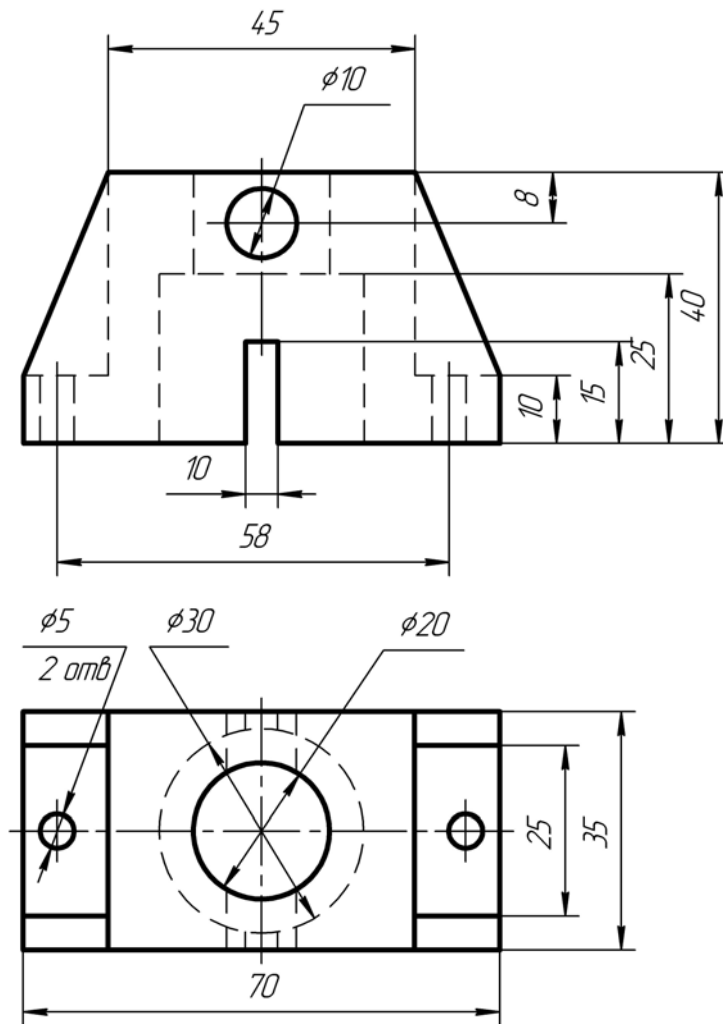
Вариант 15



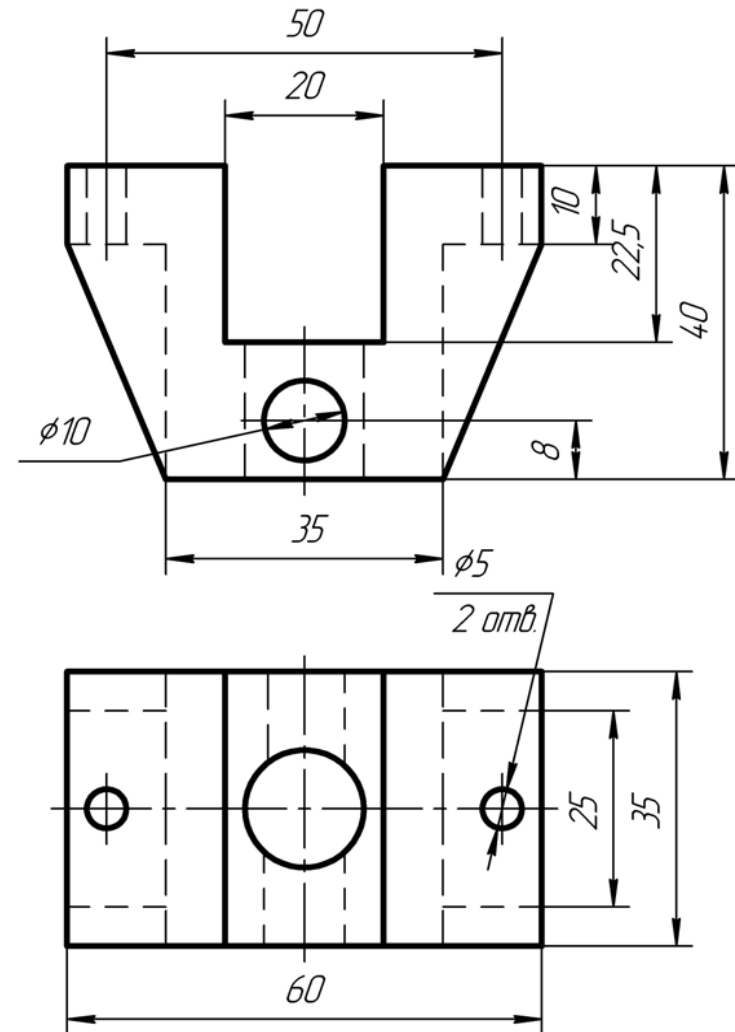
Вариант 16



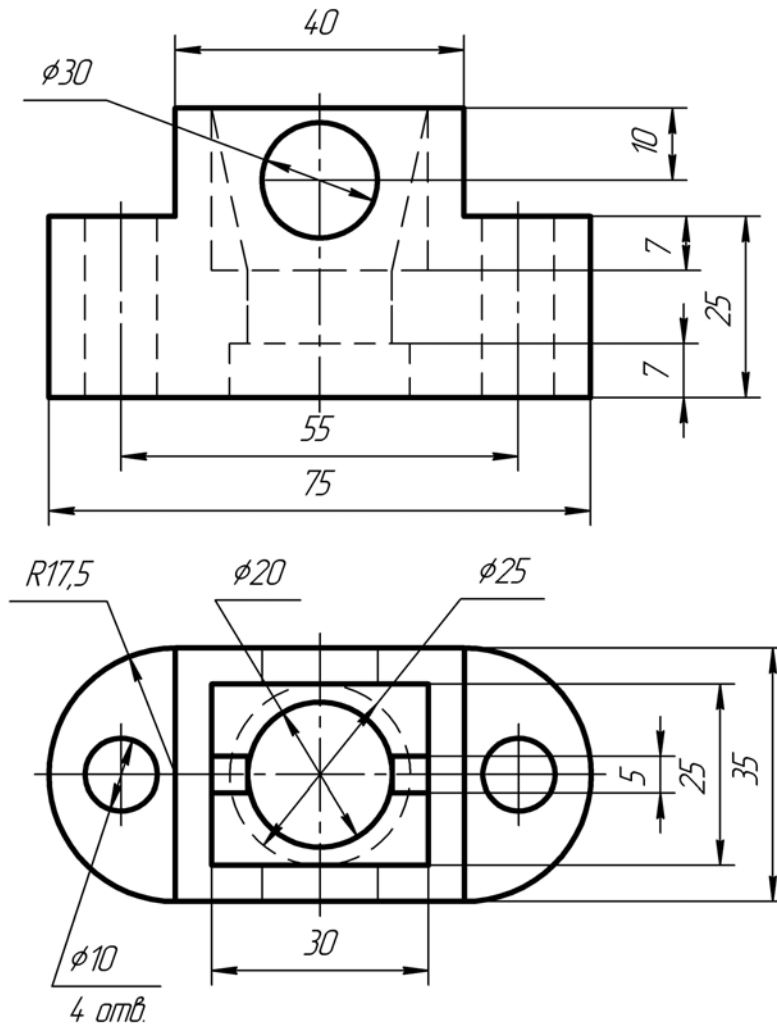
Вариант 17



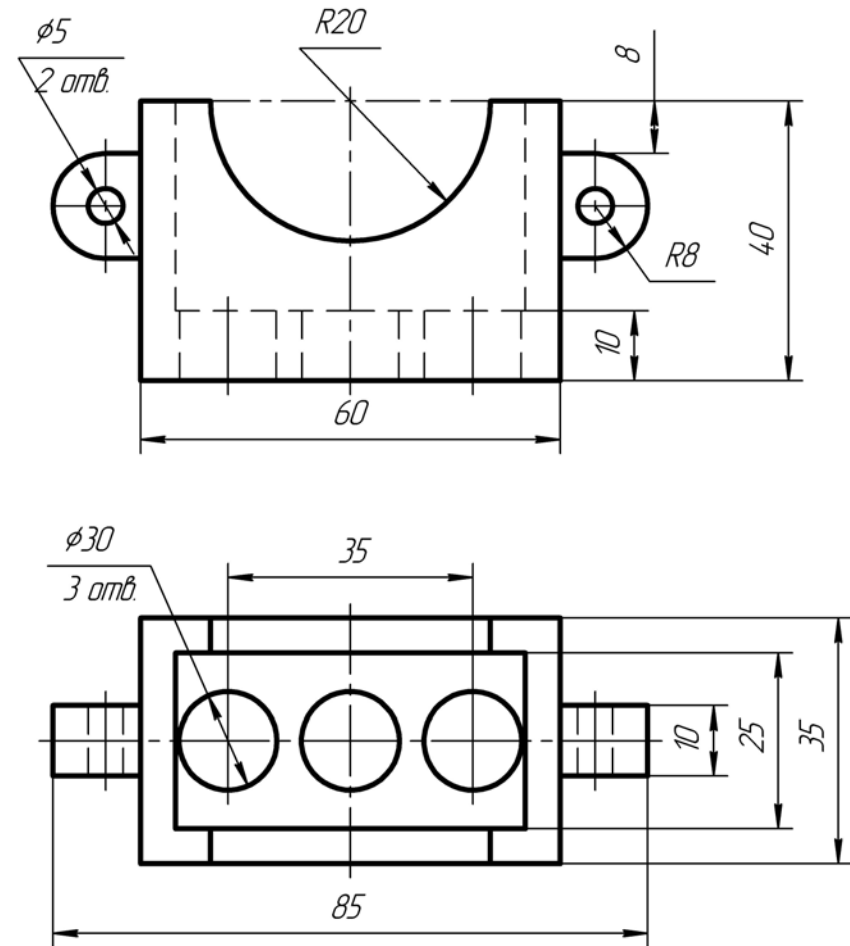
Вариант 18



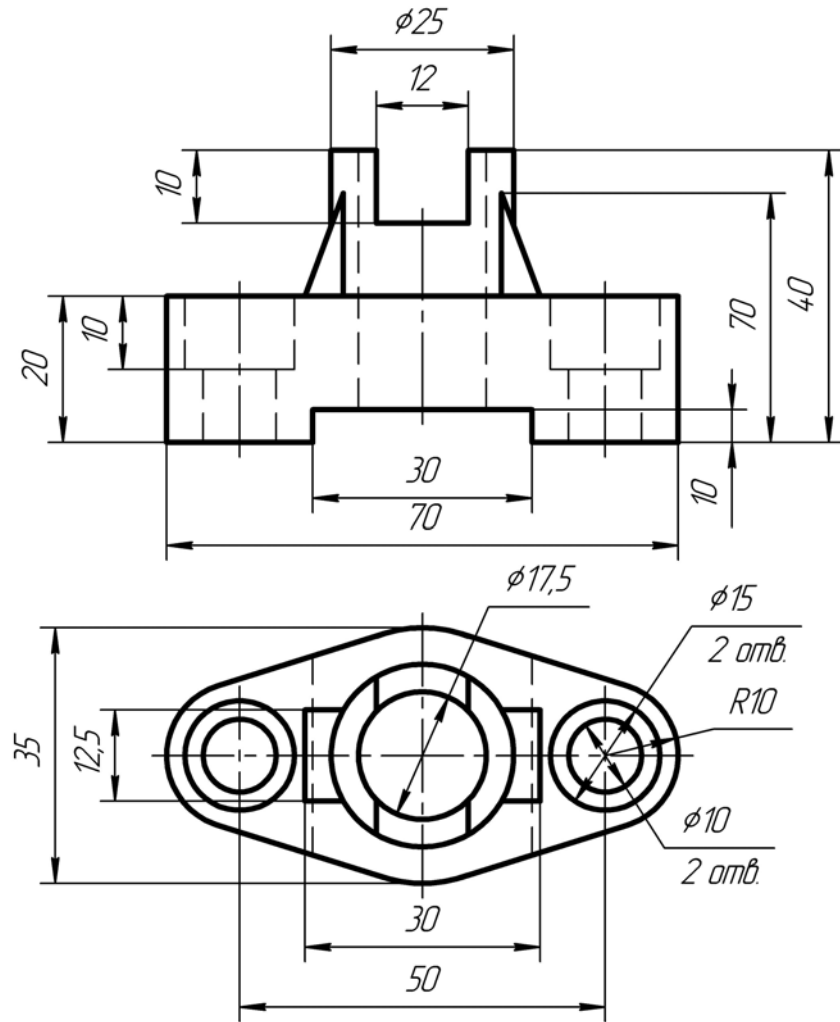
Вариант 19



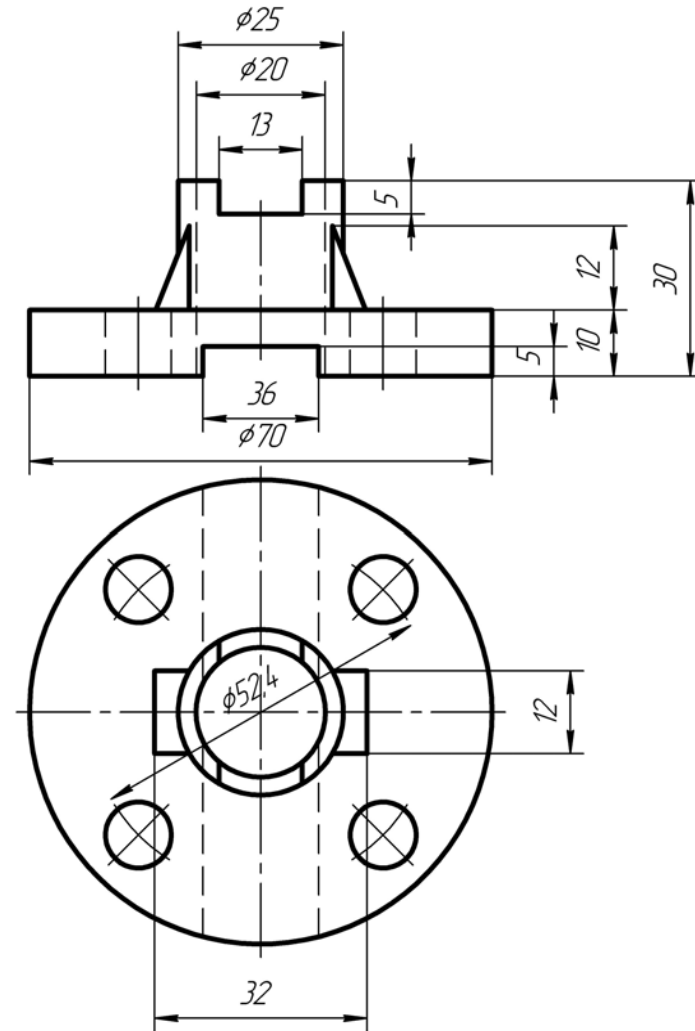
Вариант 20



Вариант 21



Вариант 22

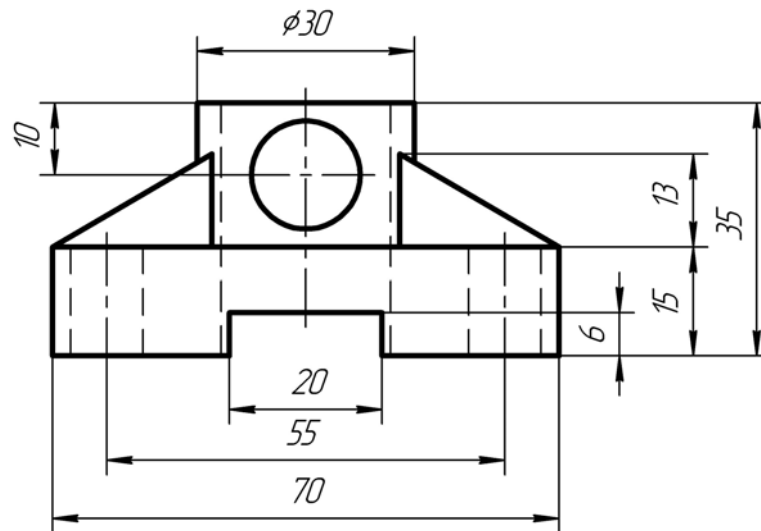


Technical drawing of a mechanical part with the following dimensions:

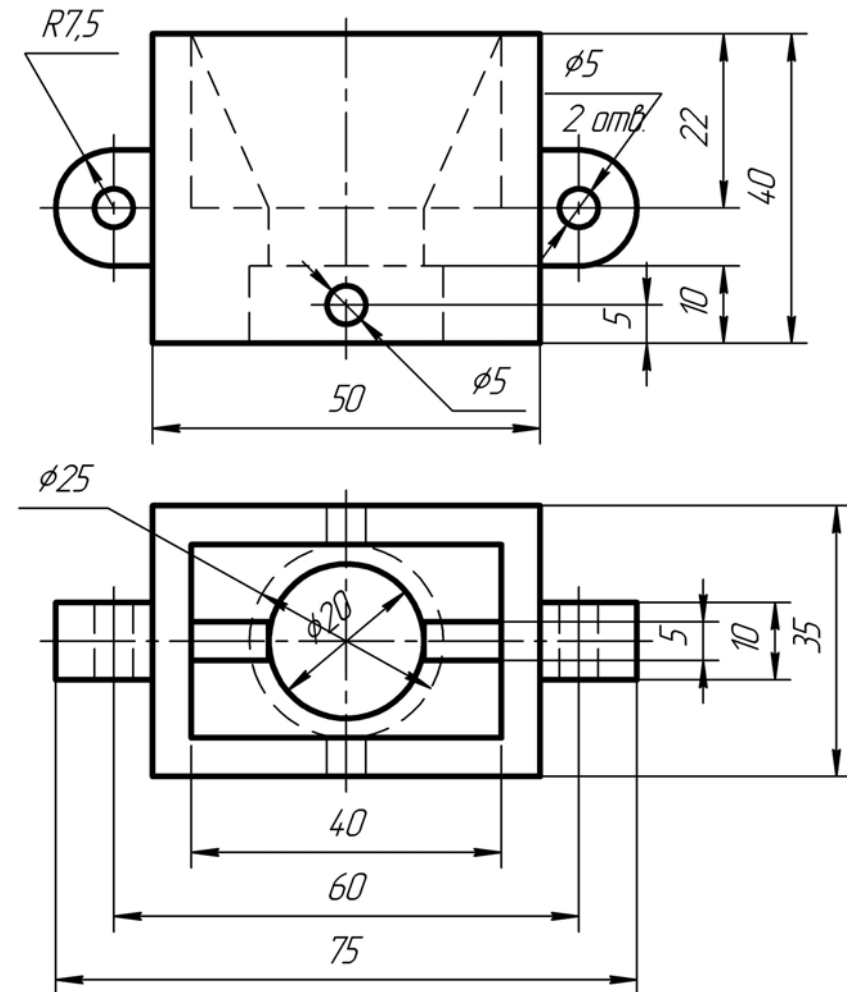
- Overall width: 40
- Overall height: 25
- Top width: 20
- Top width of the central cutout: 10
- Radius of the top corners: $R7,5$
- Radius of the side semi-circular features: $R7,5$
- Height of the side semi-circular features: 10
- Inner diameter of the side semi-circular features: $\phi 5$
- Distance from the bottom edge to the center of the side semi-circular features: 20 мм



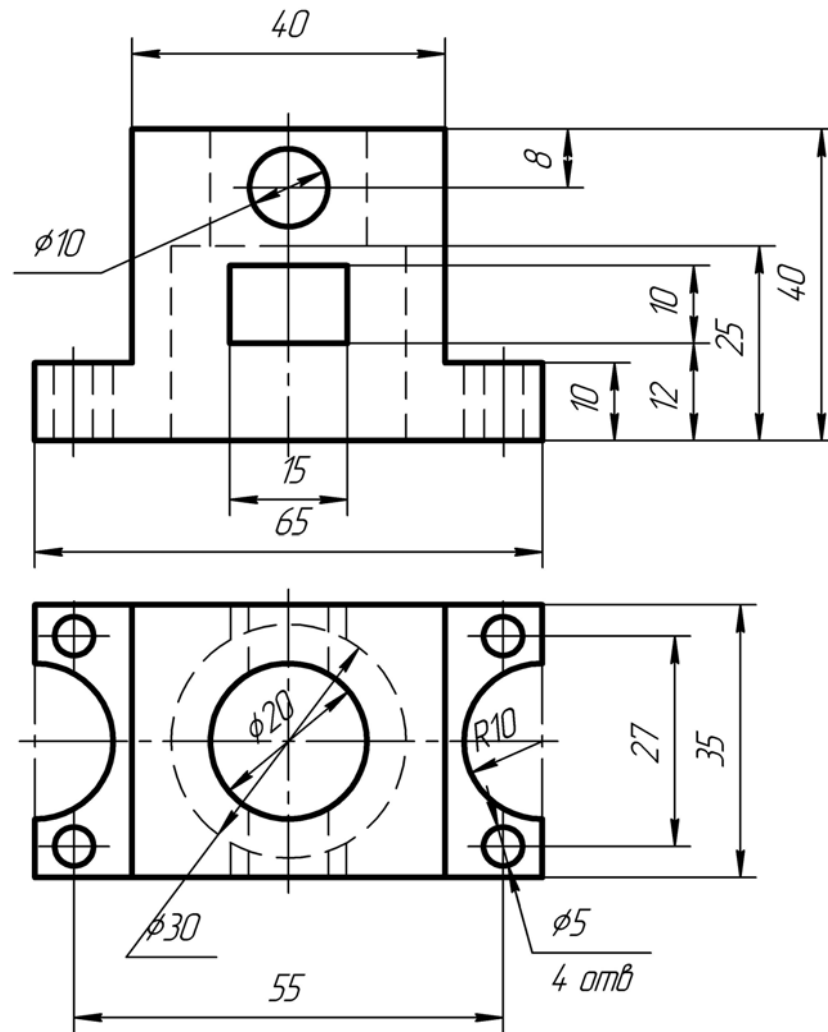
Вариант 25



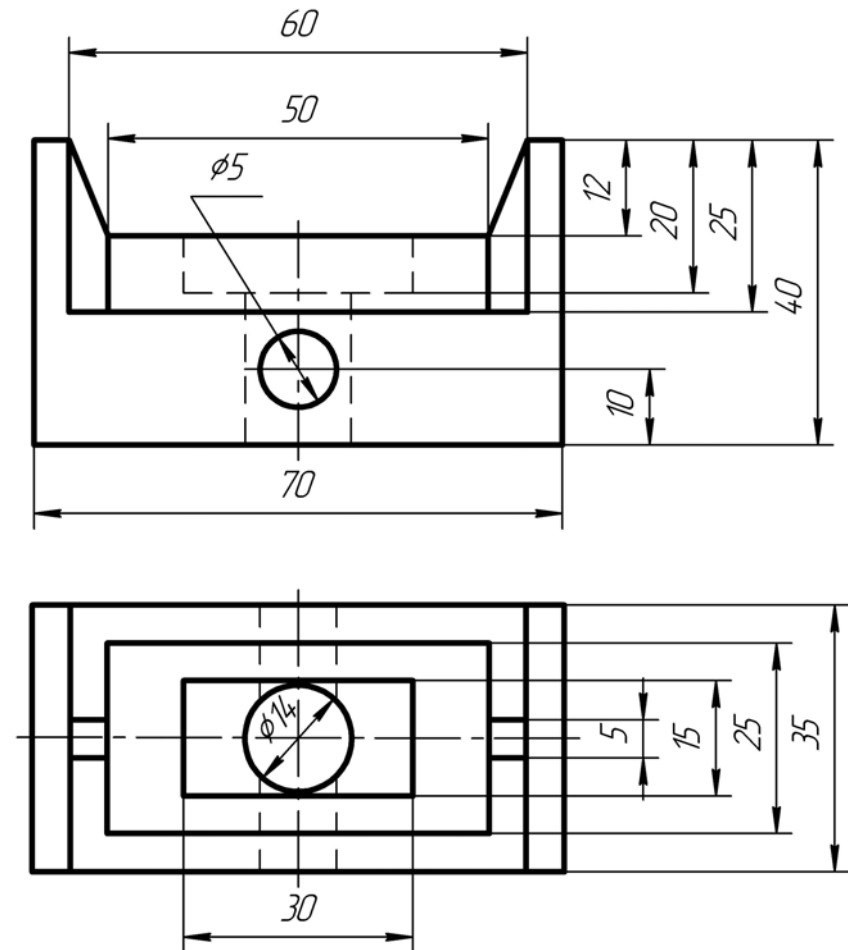
Вариант 26



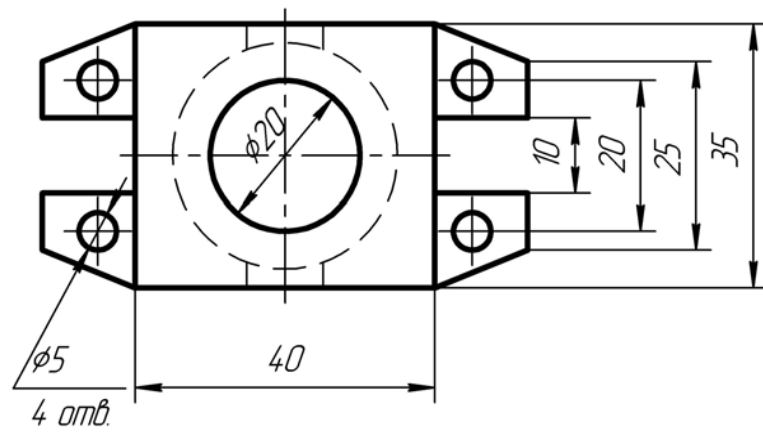
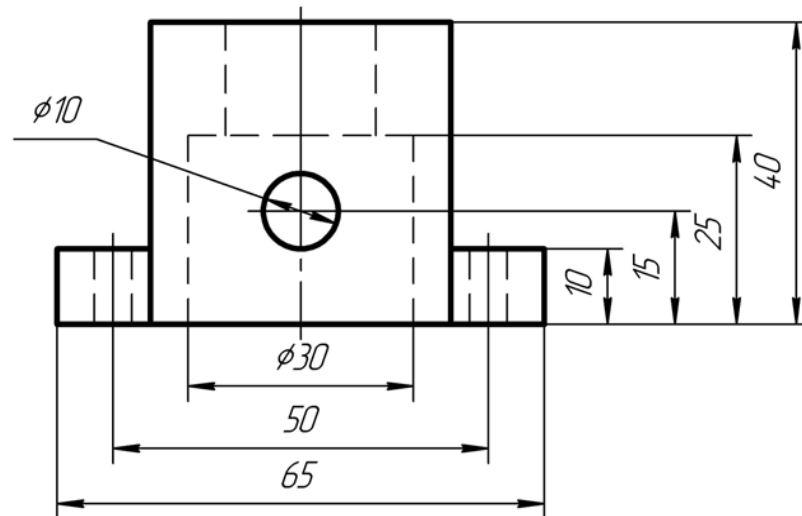
Вариант 27



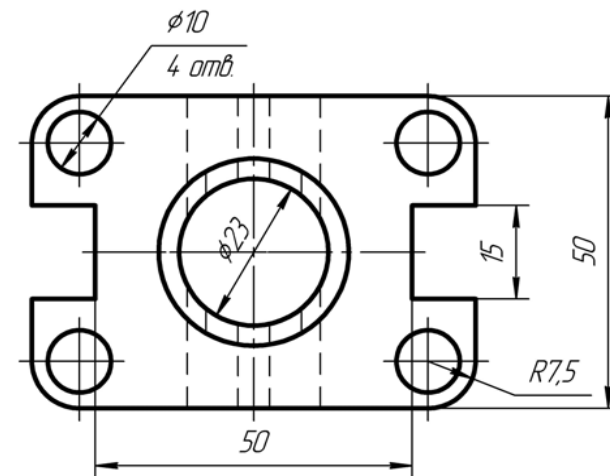
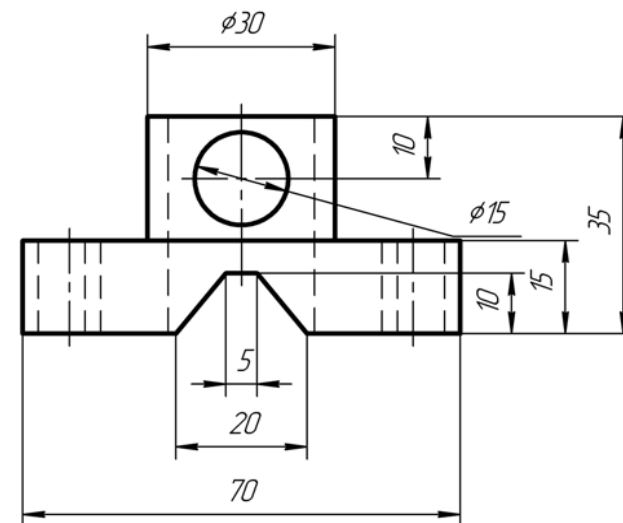
Вариант 28



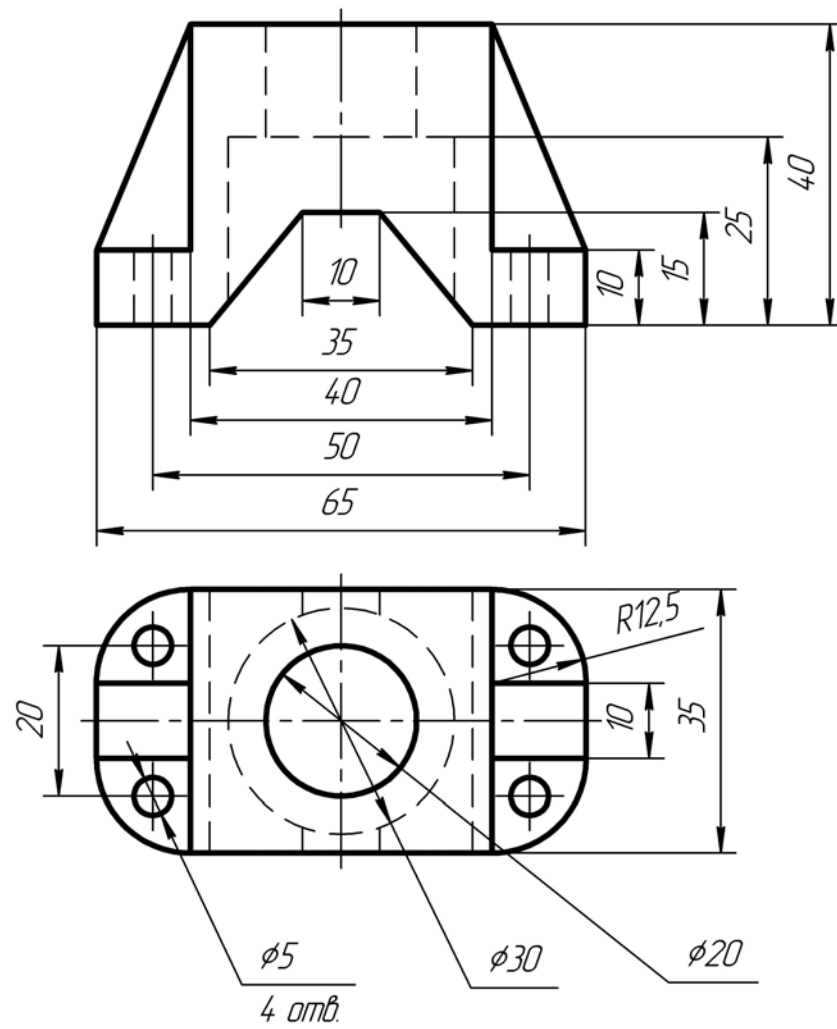
Вариант 29



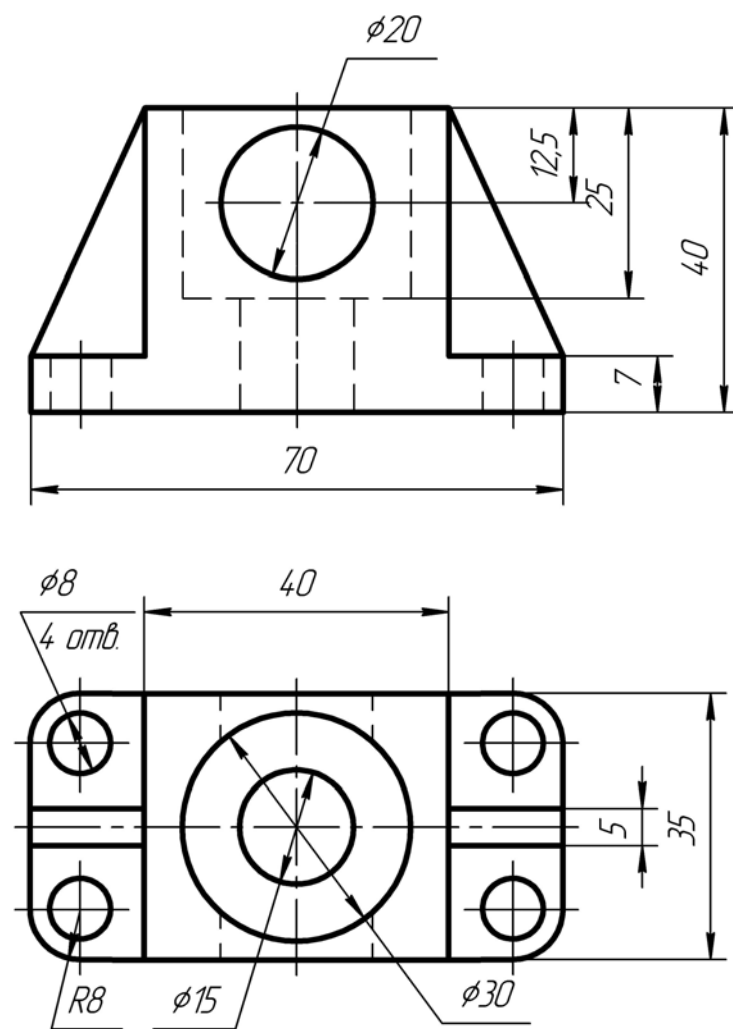
Вариант 30



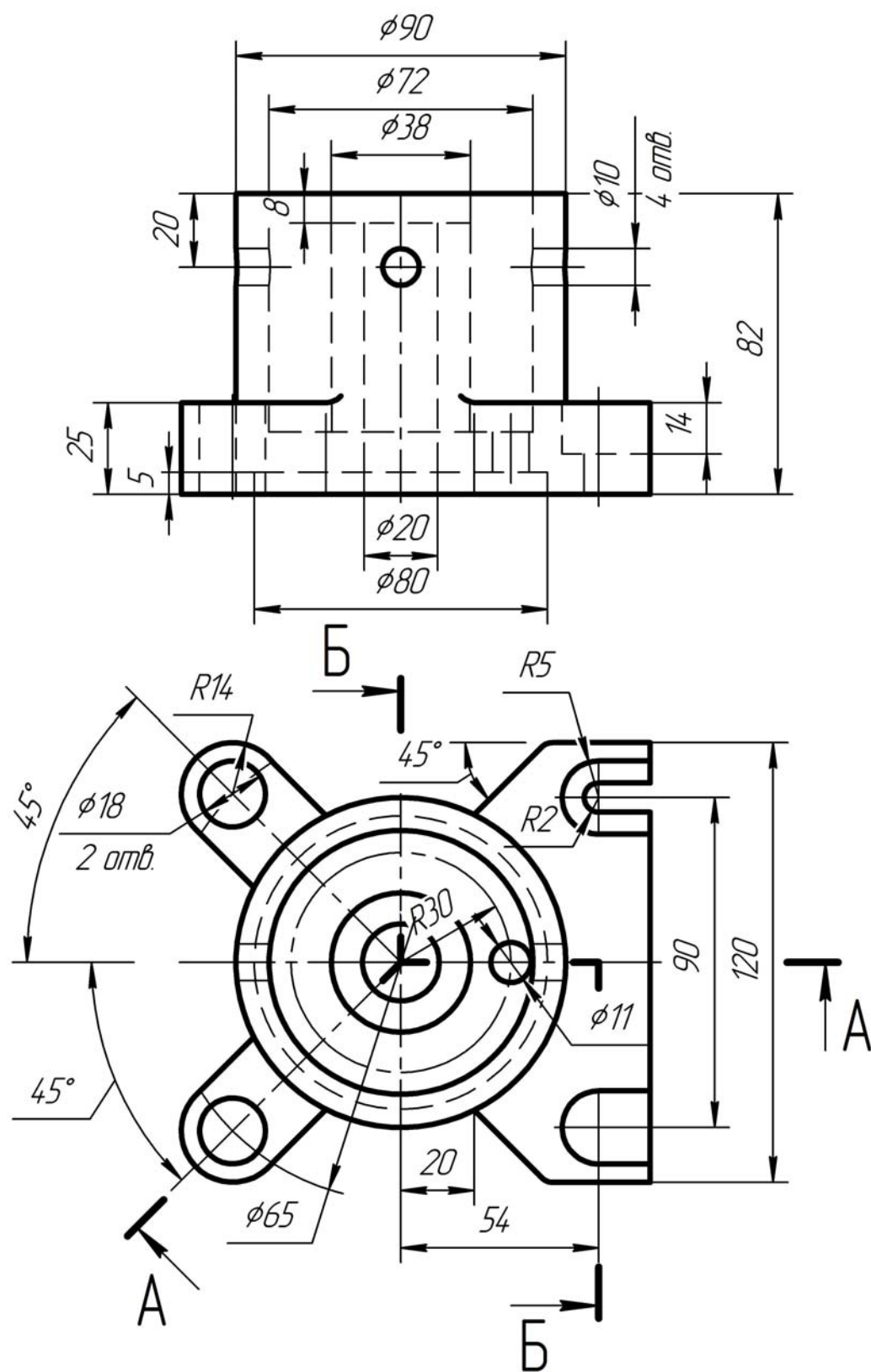
Вариант 31



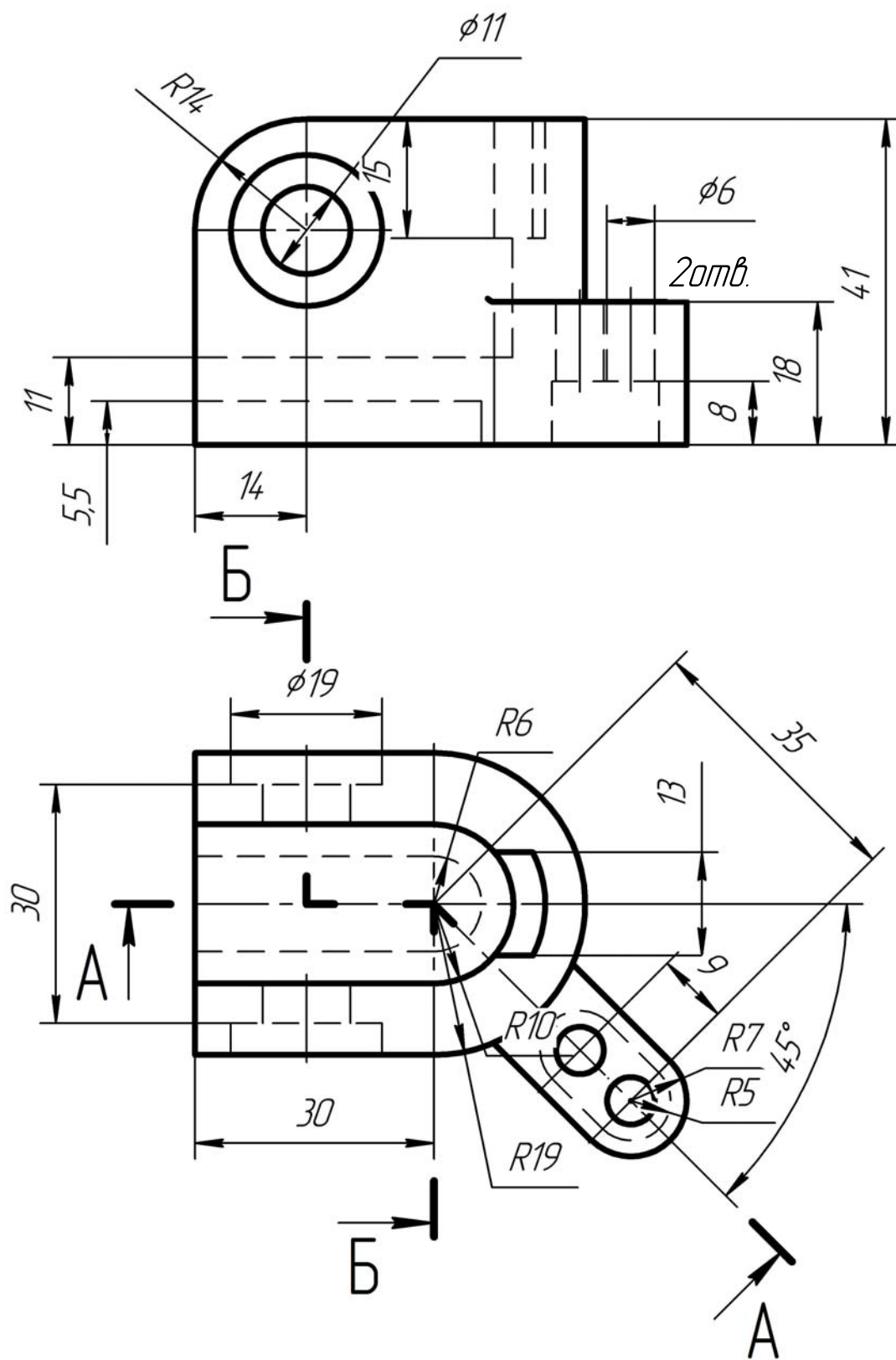
Вариант 32



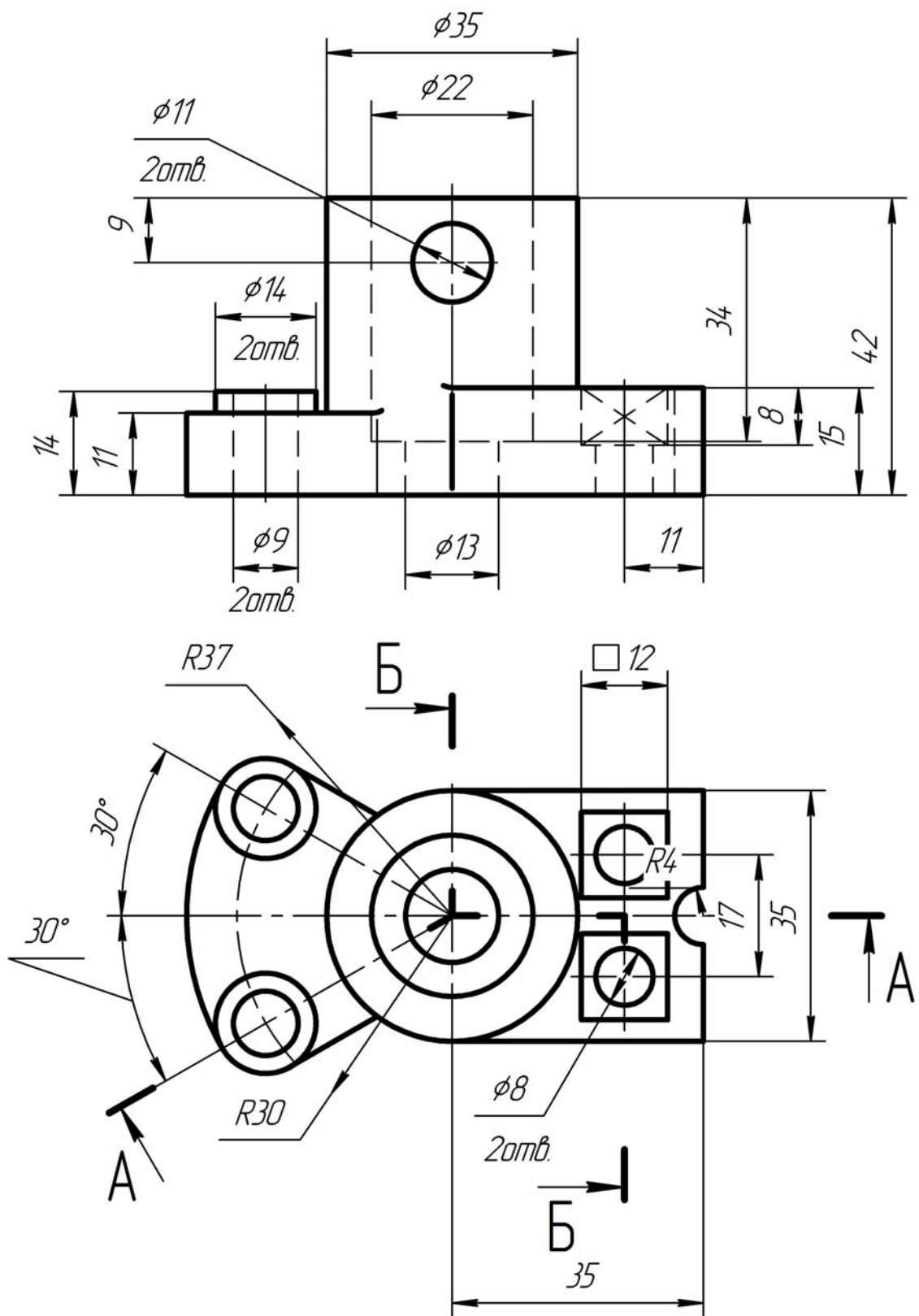
Вариант 1



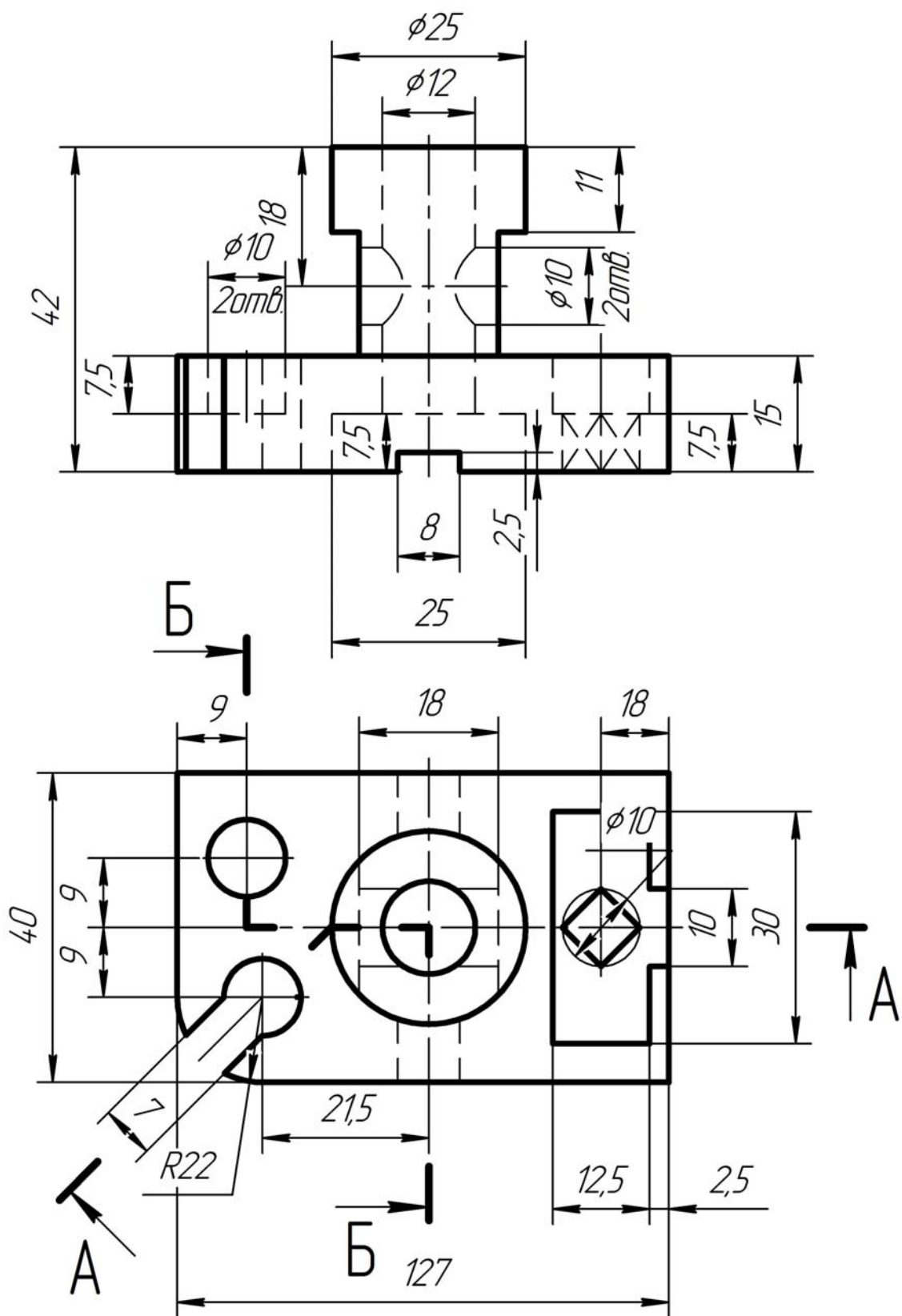
Вариант 2



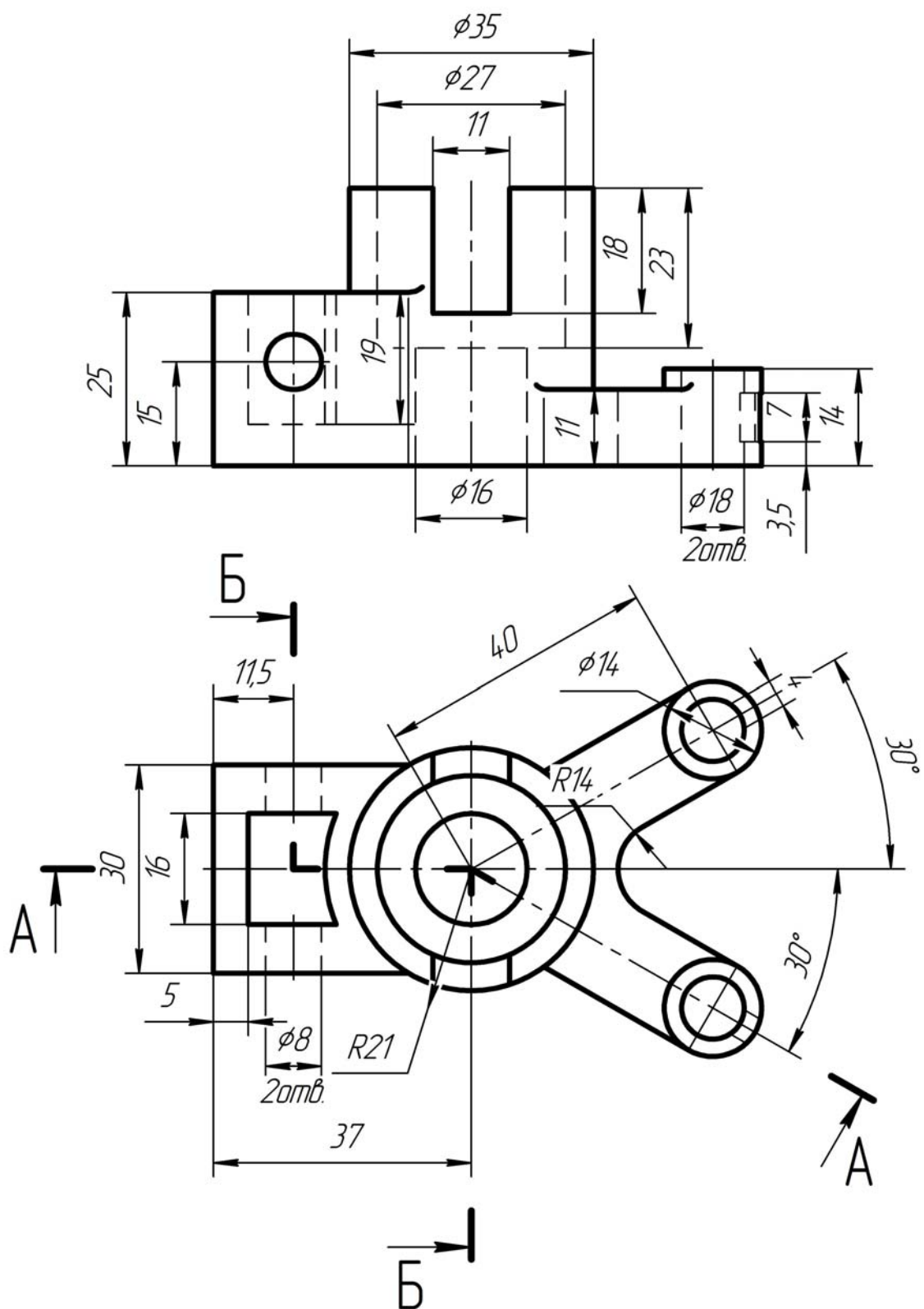
Вариант 3



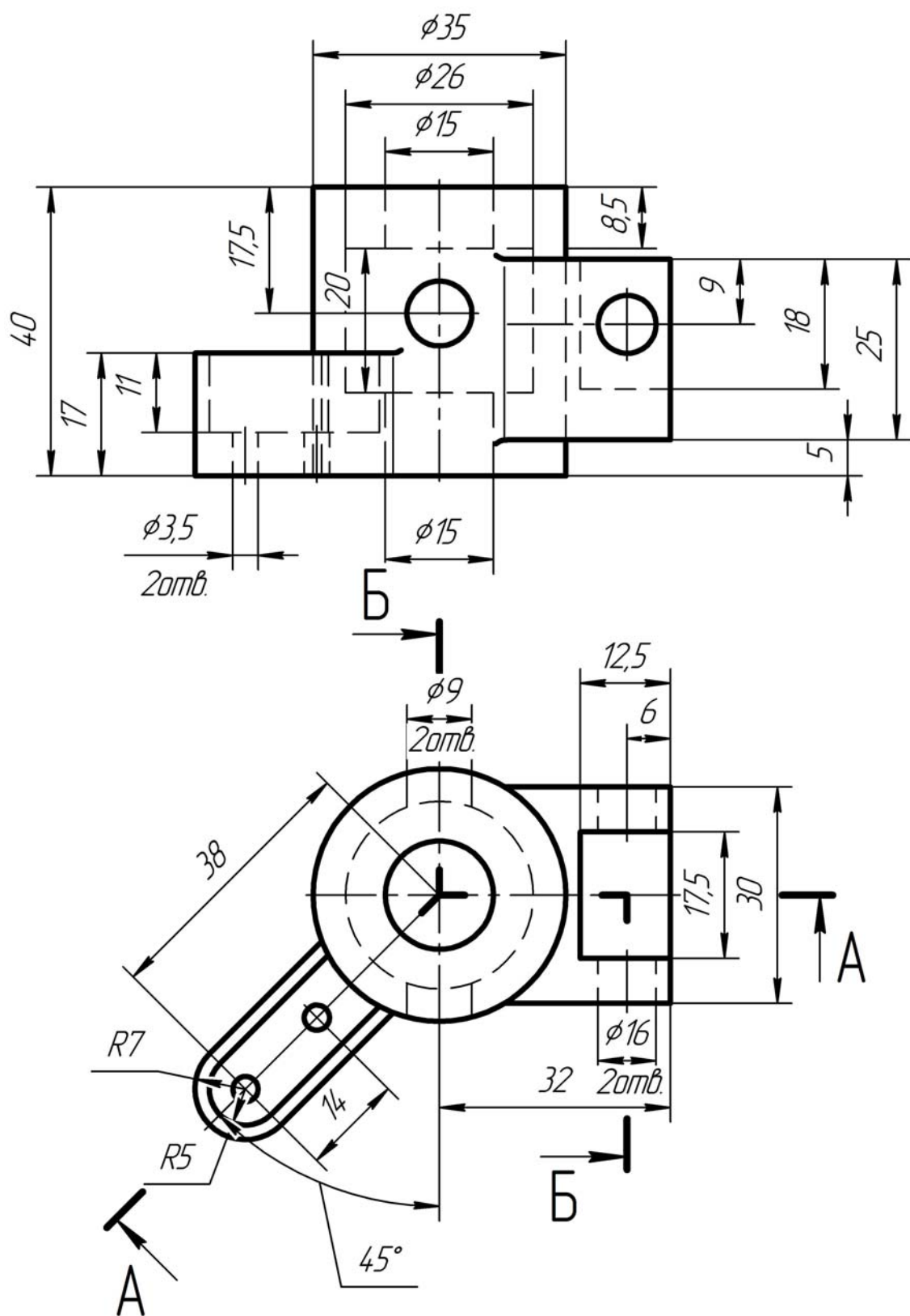
Вариант 4



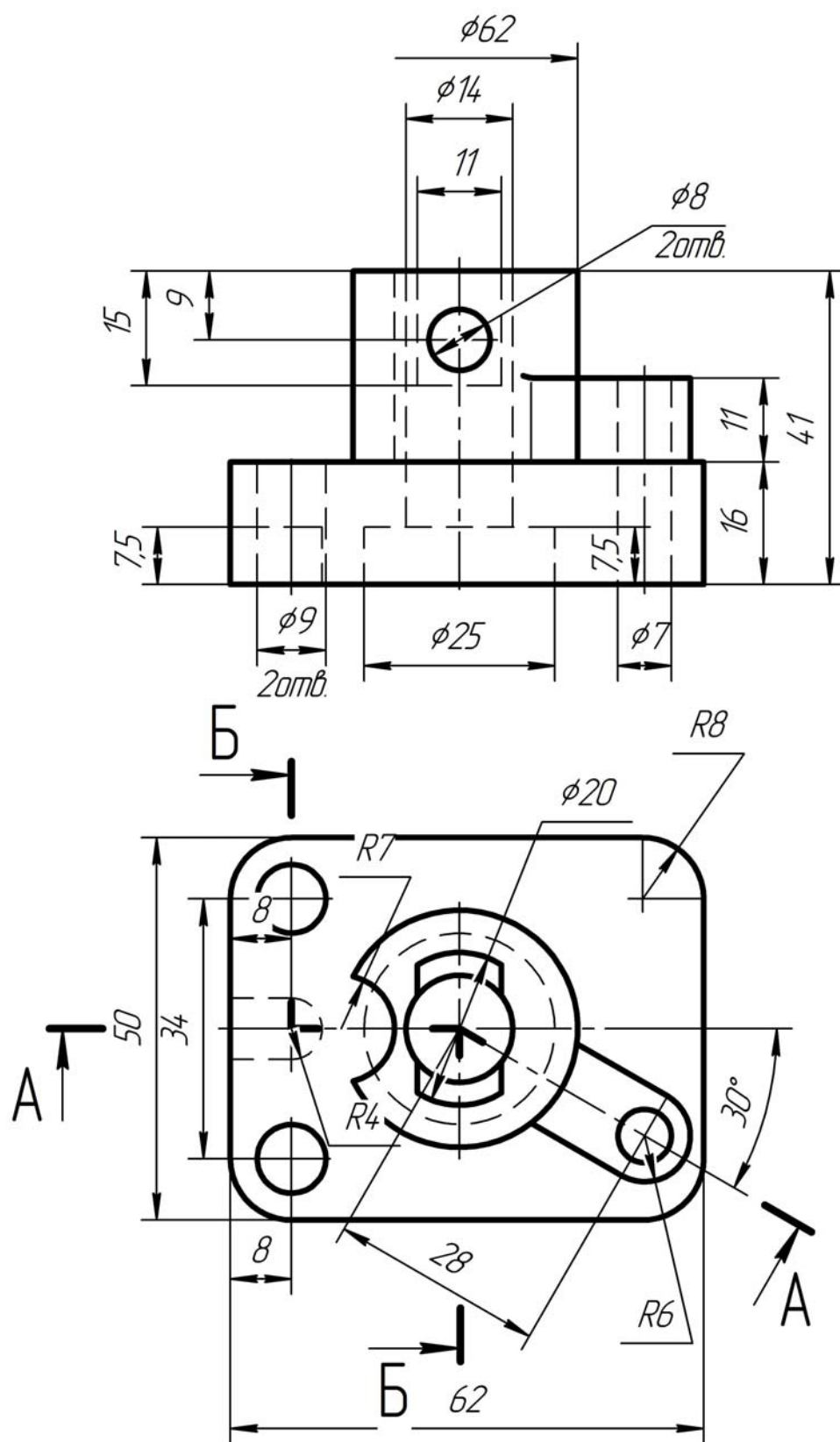
Вариант 5



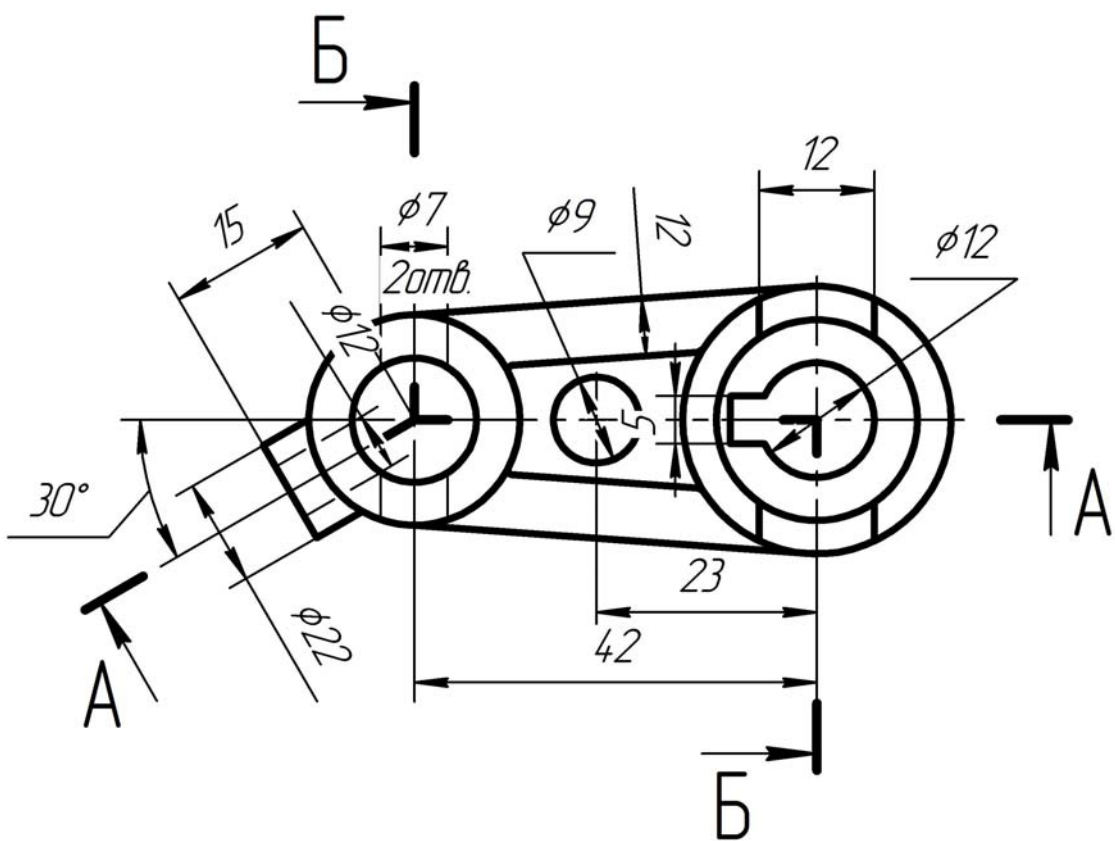
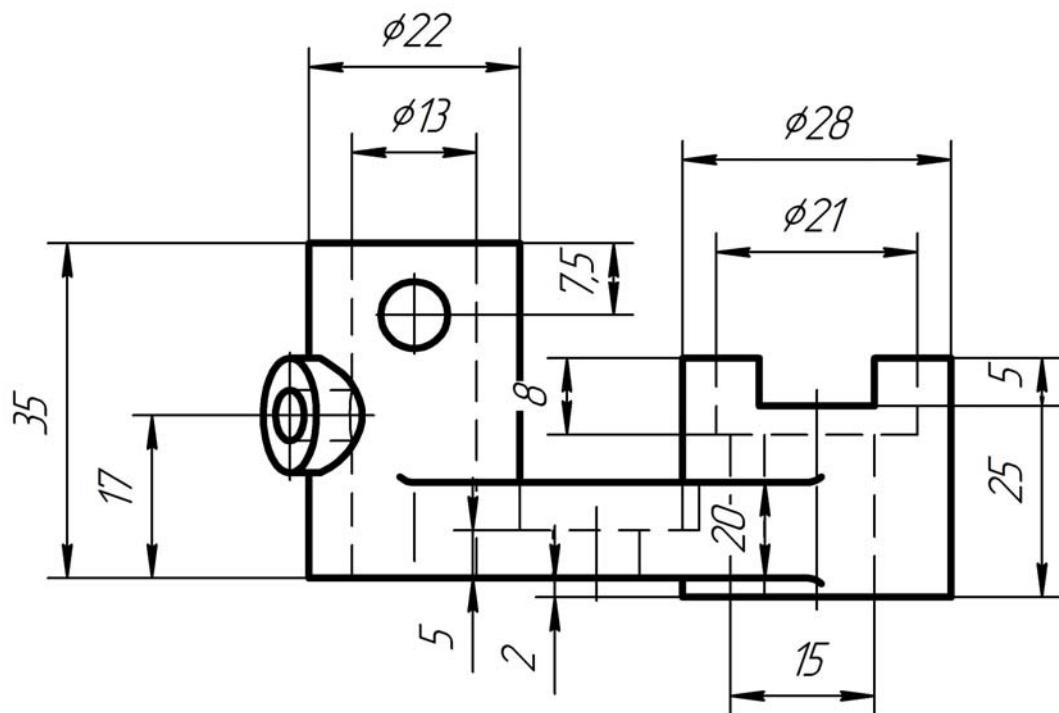
Вариант 6



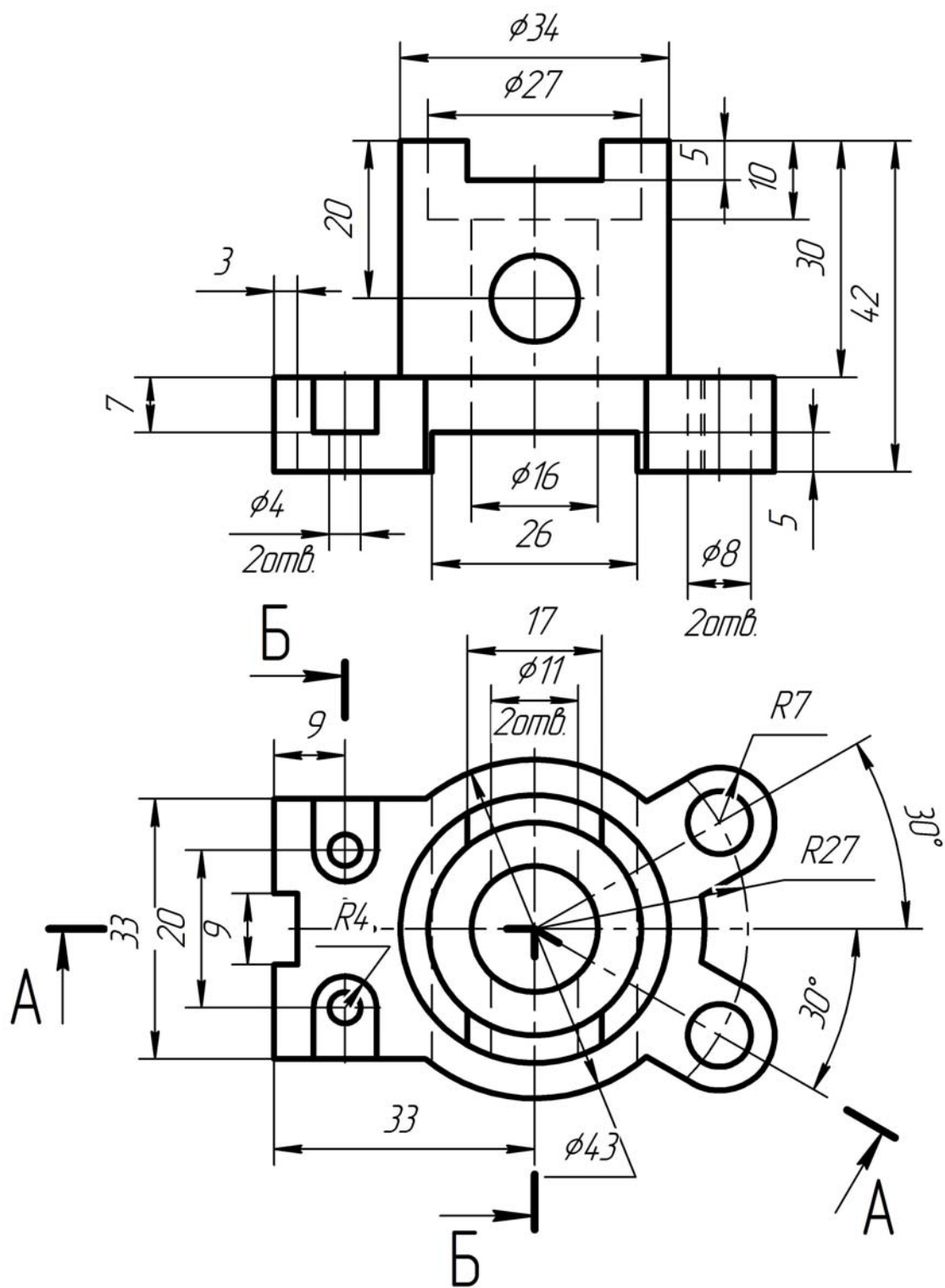
Вариант 7



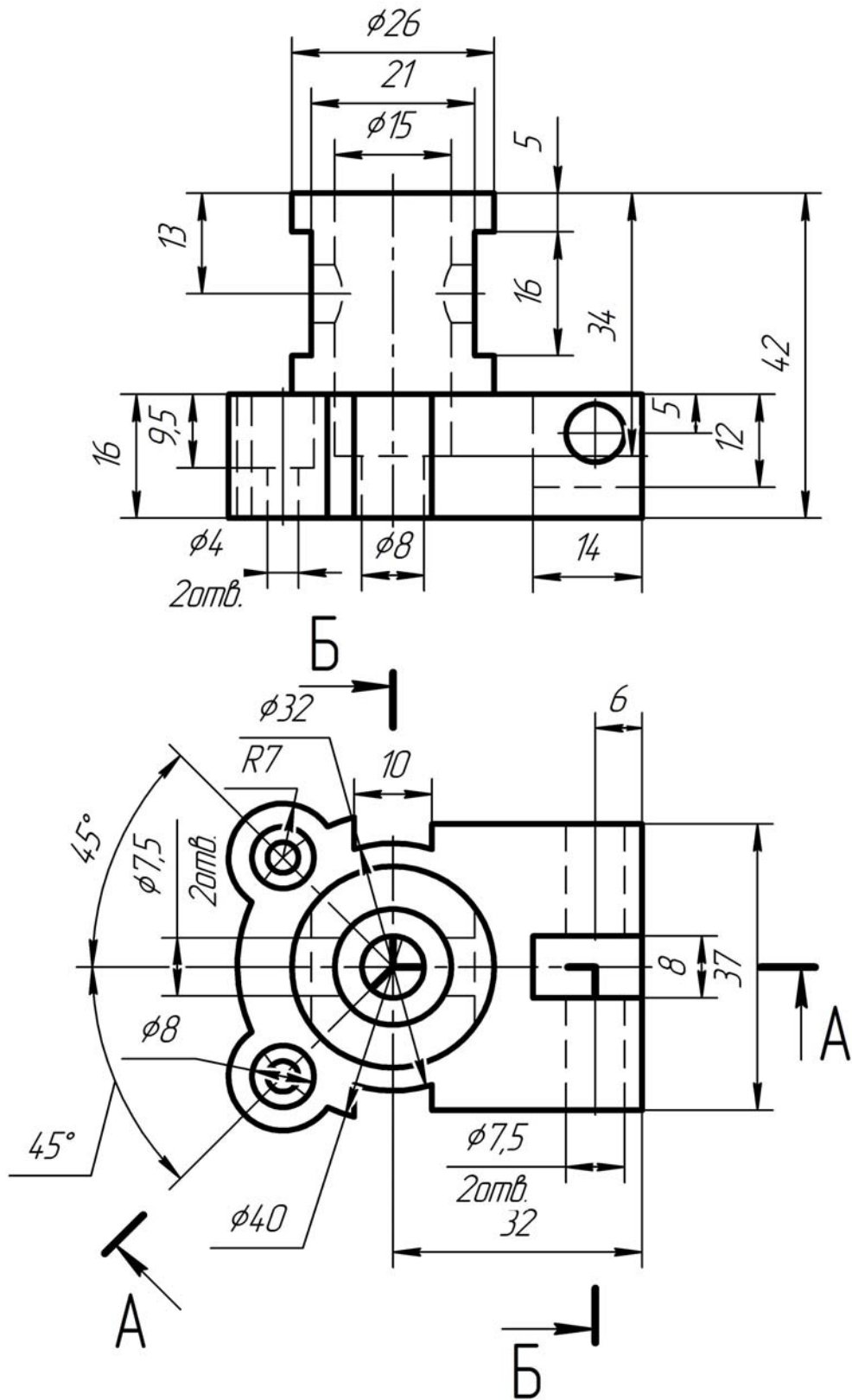
Вариант 8



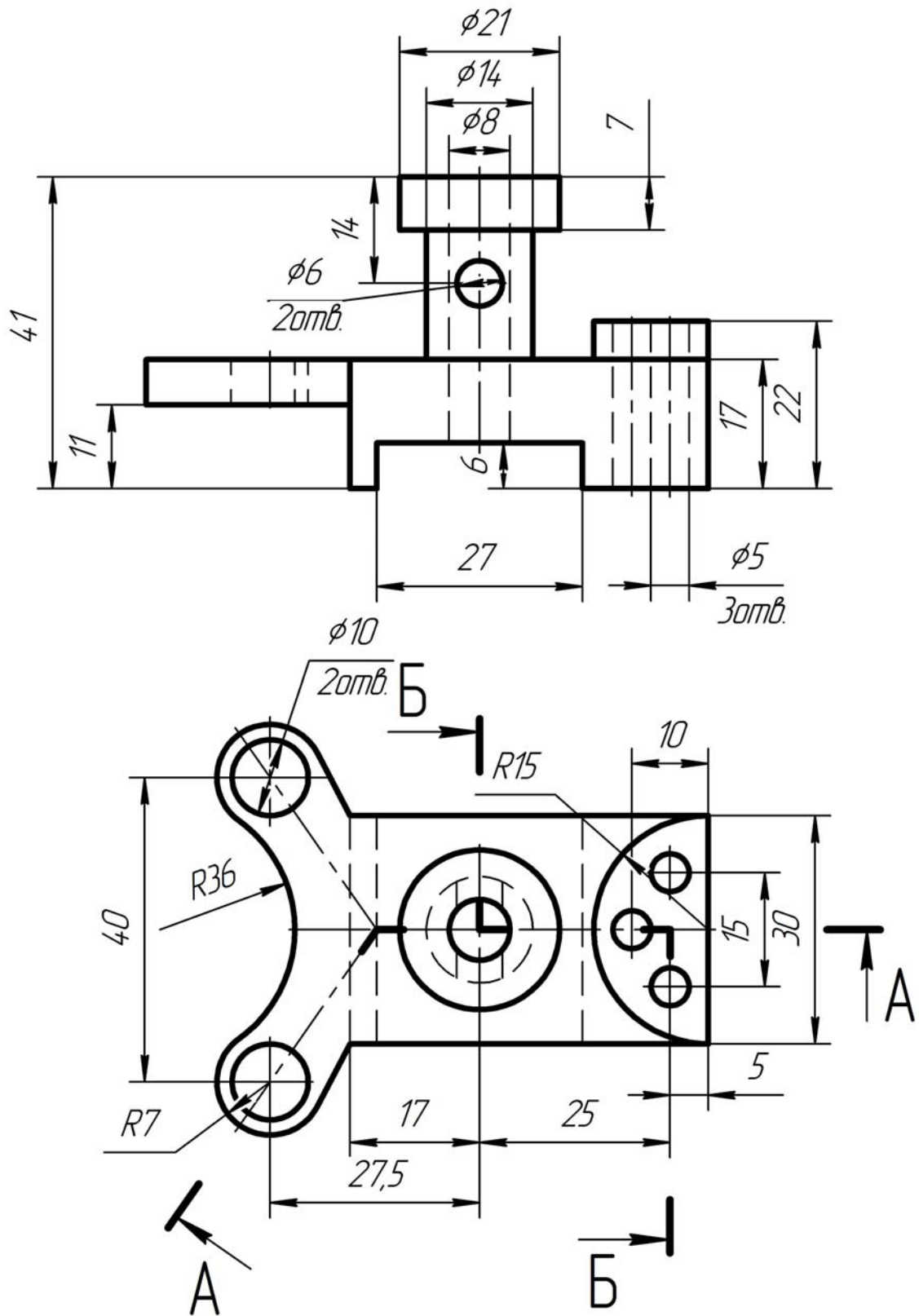
Вариант 9



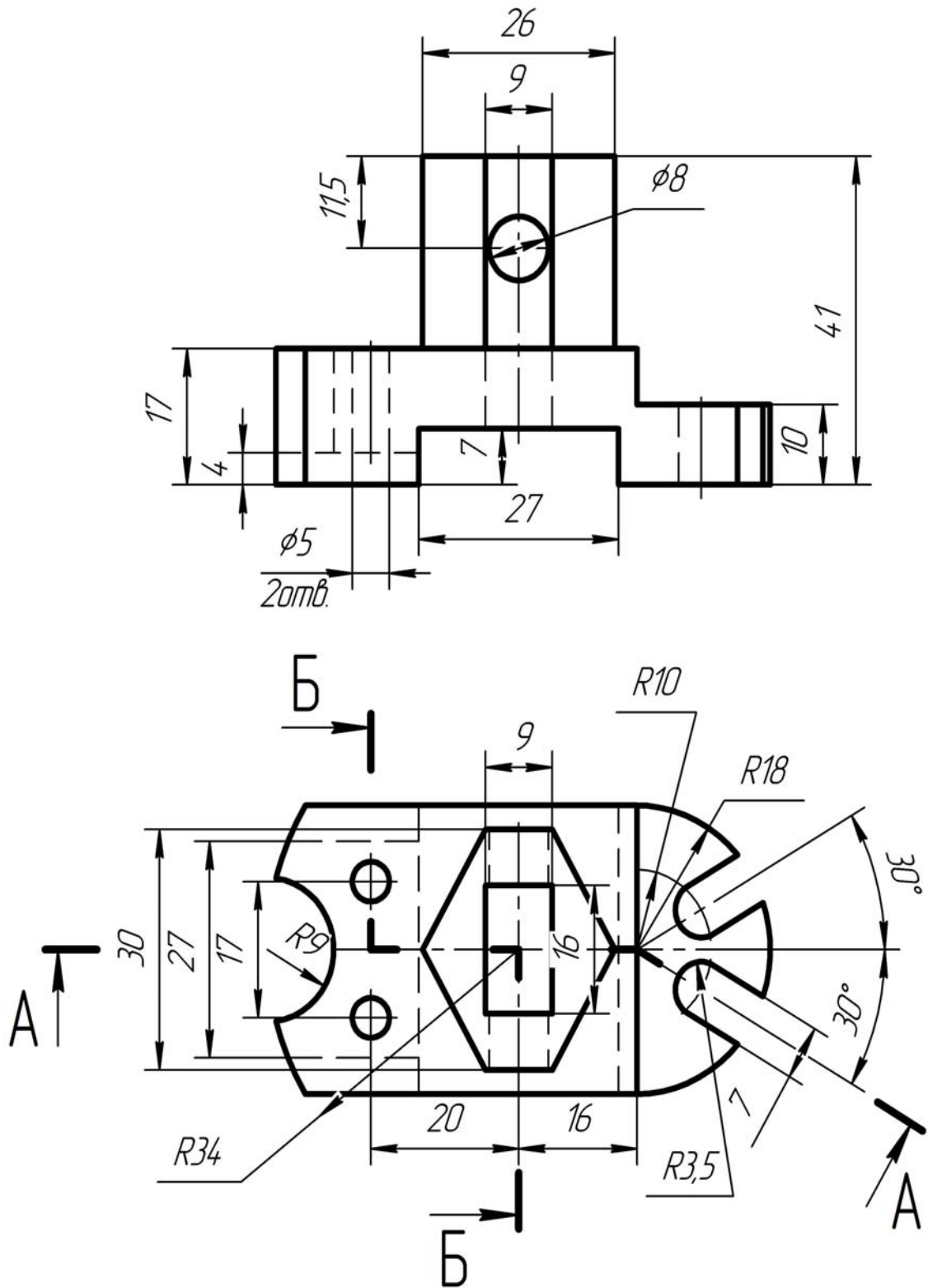
Вариант 10



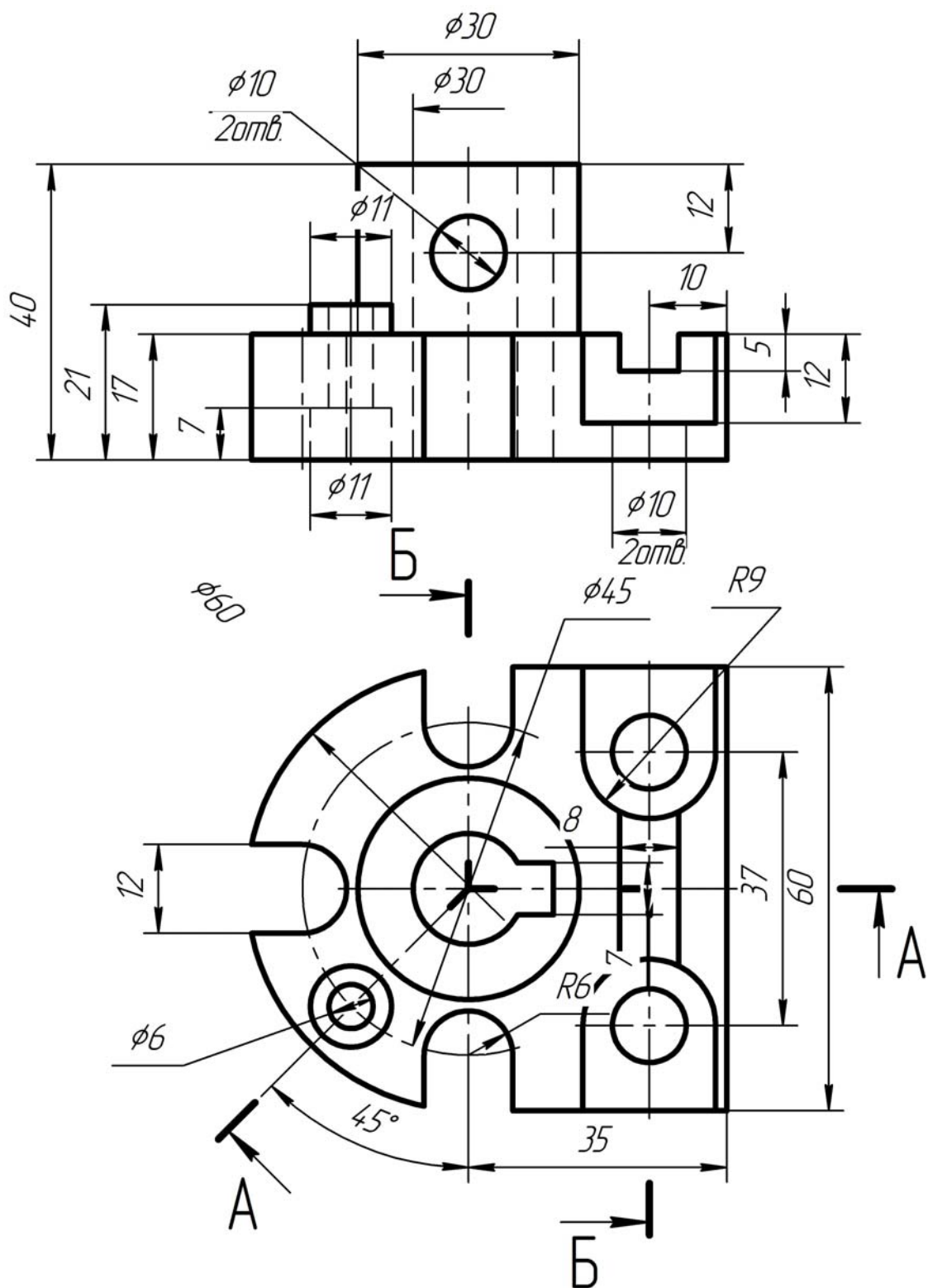
Вариант 11



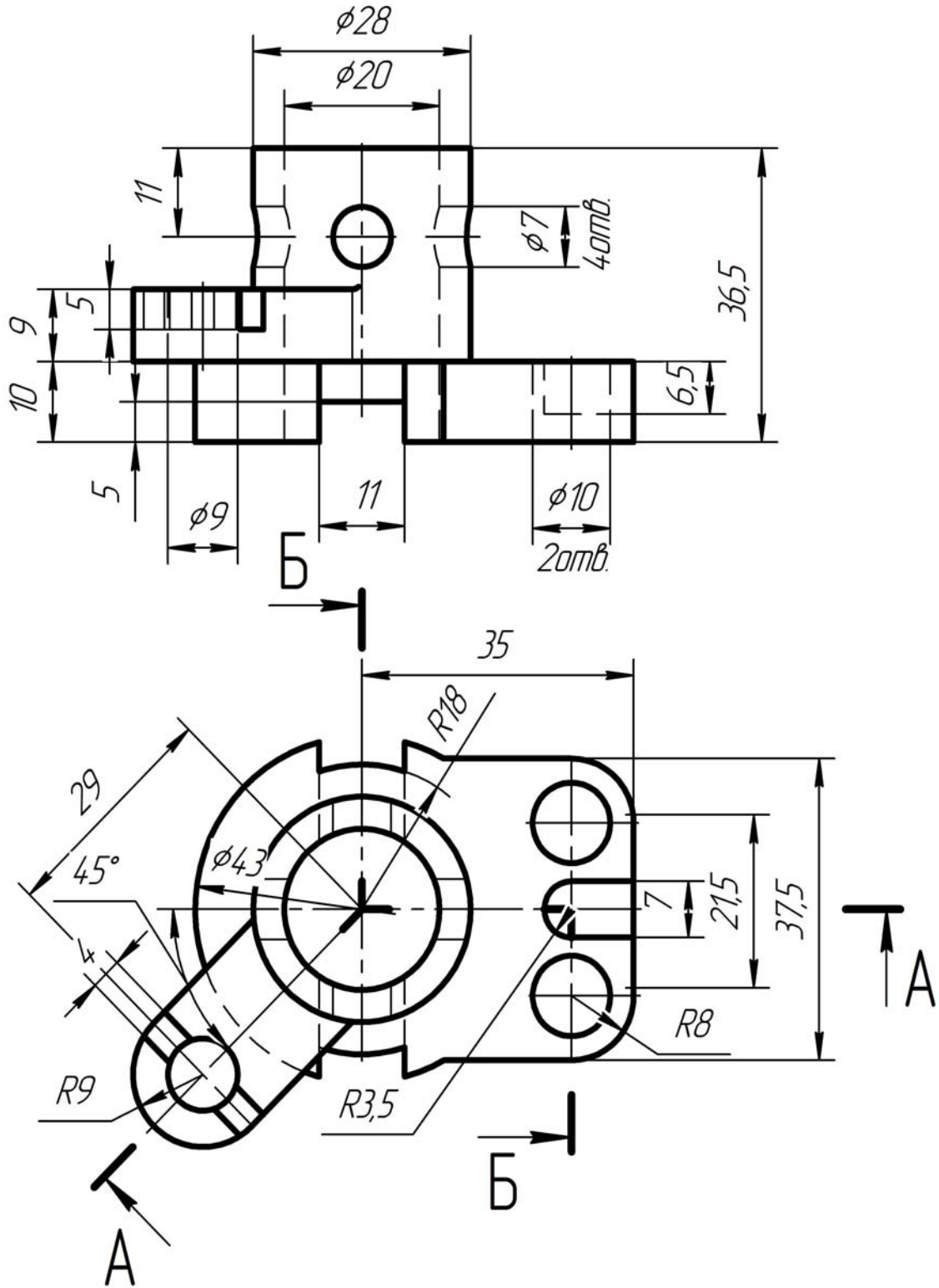
Вариант 12



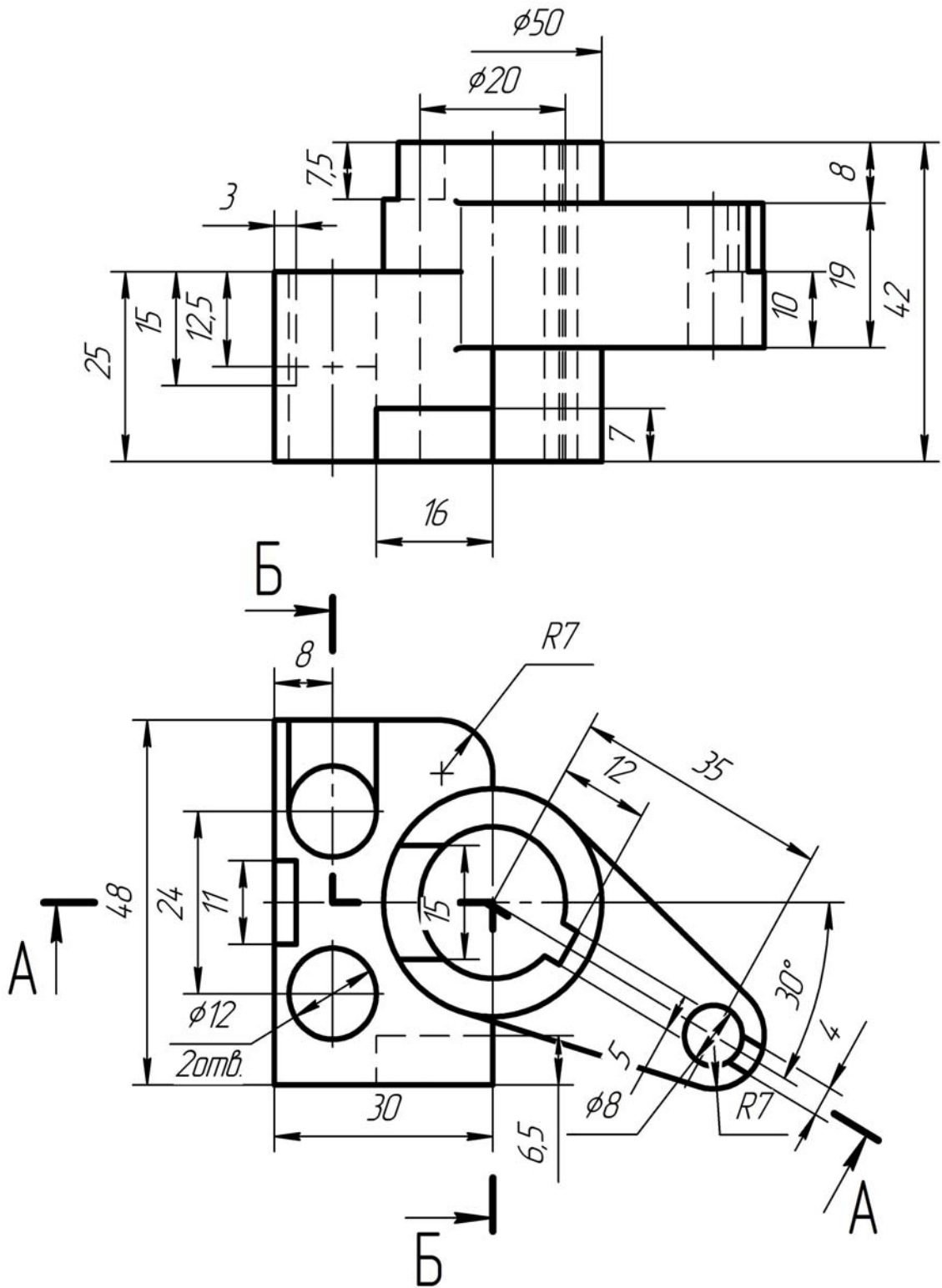
Вариант 13



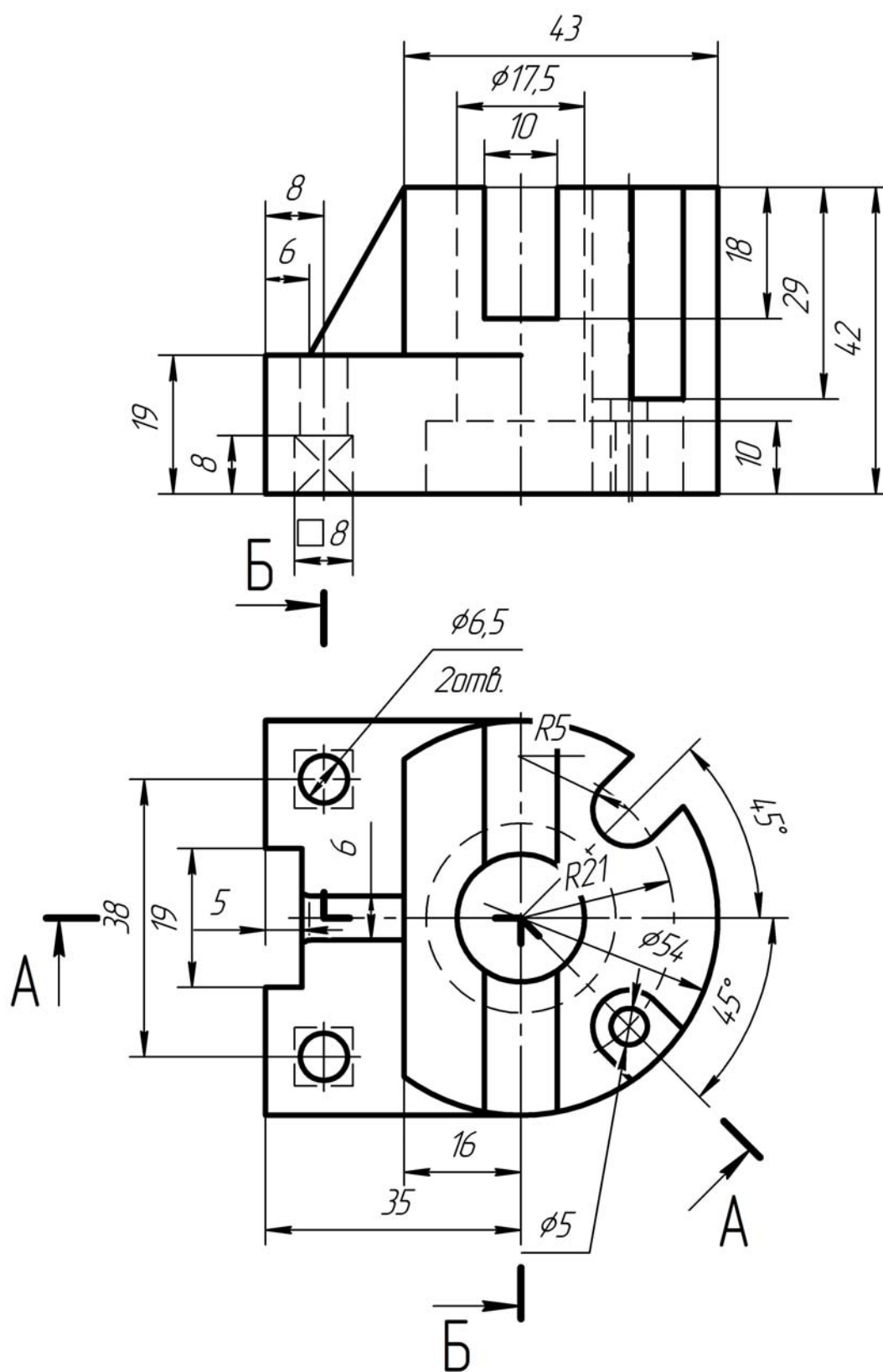
Вариант 14



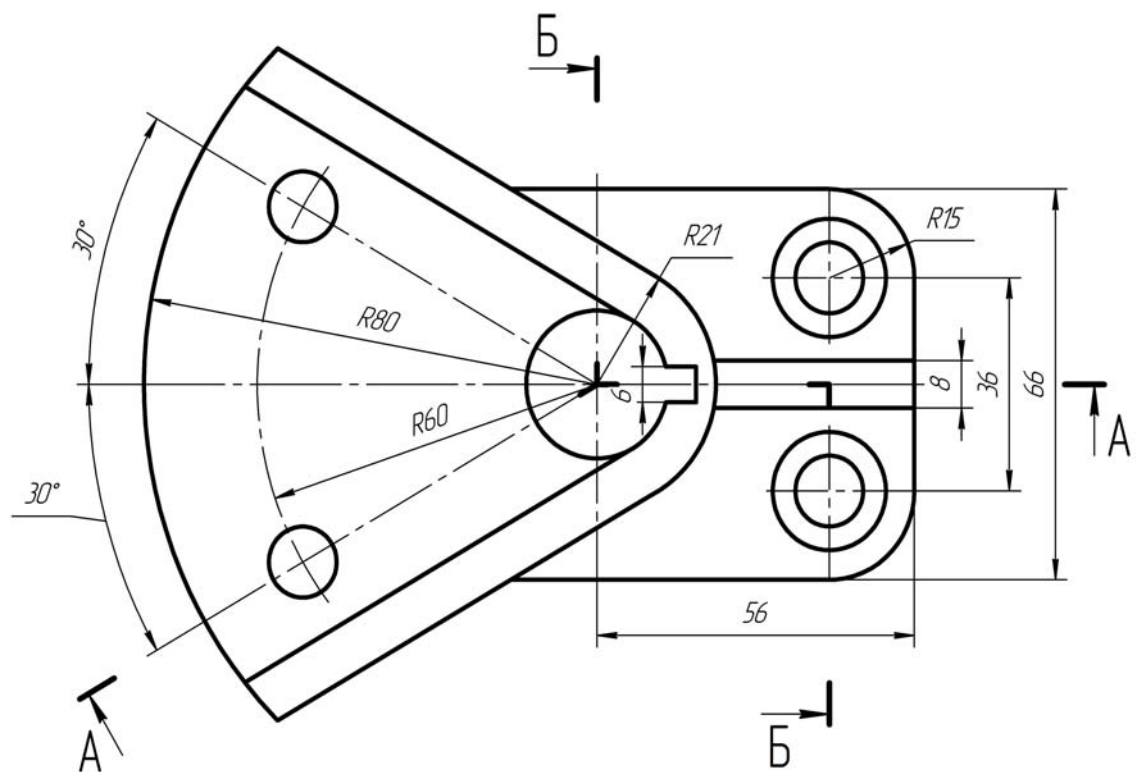
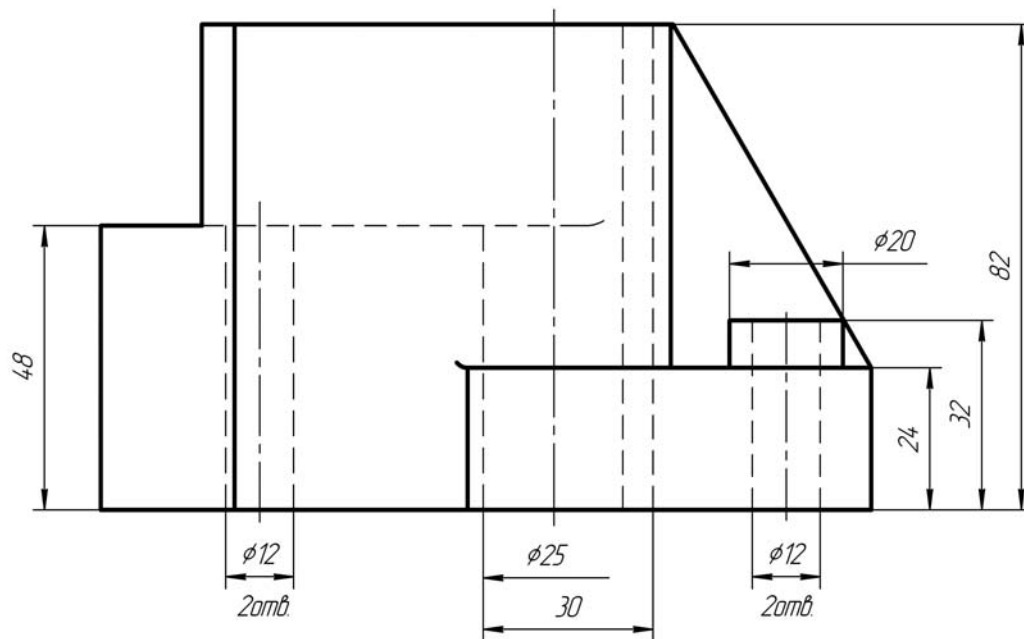
Вариант 15



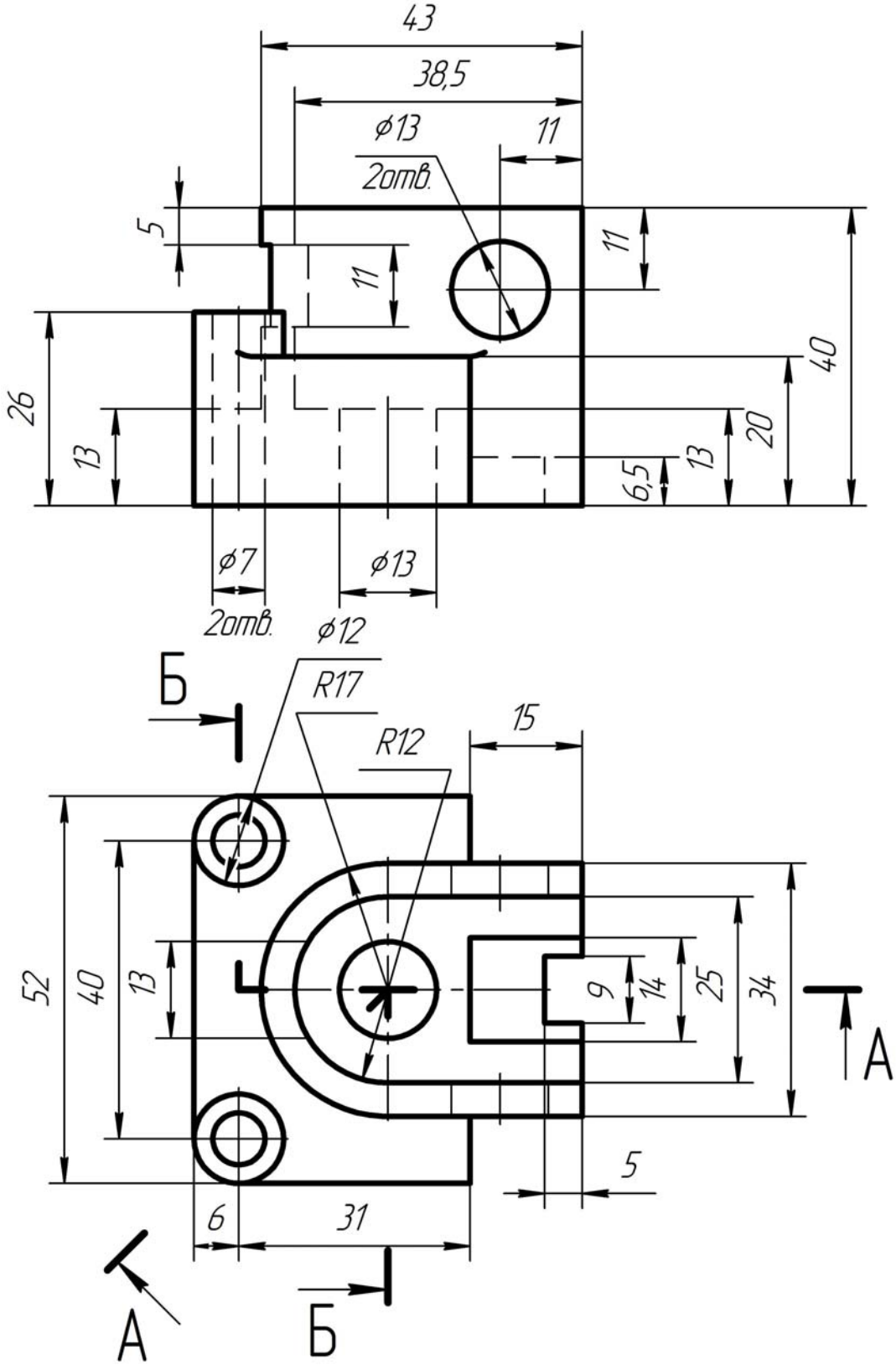
Вариант 16



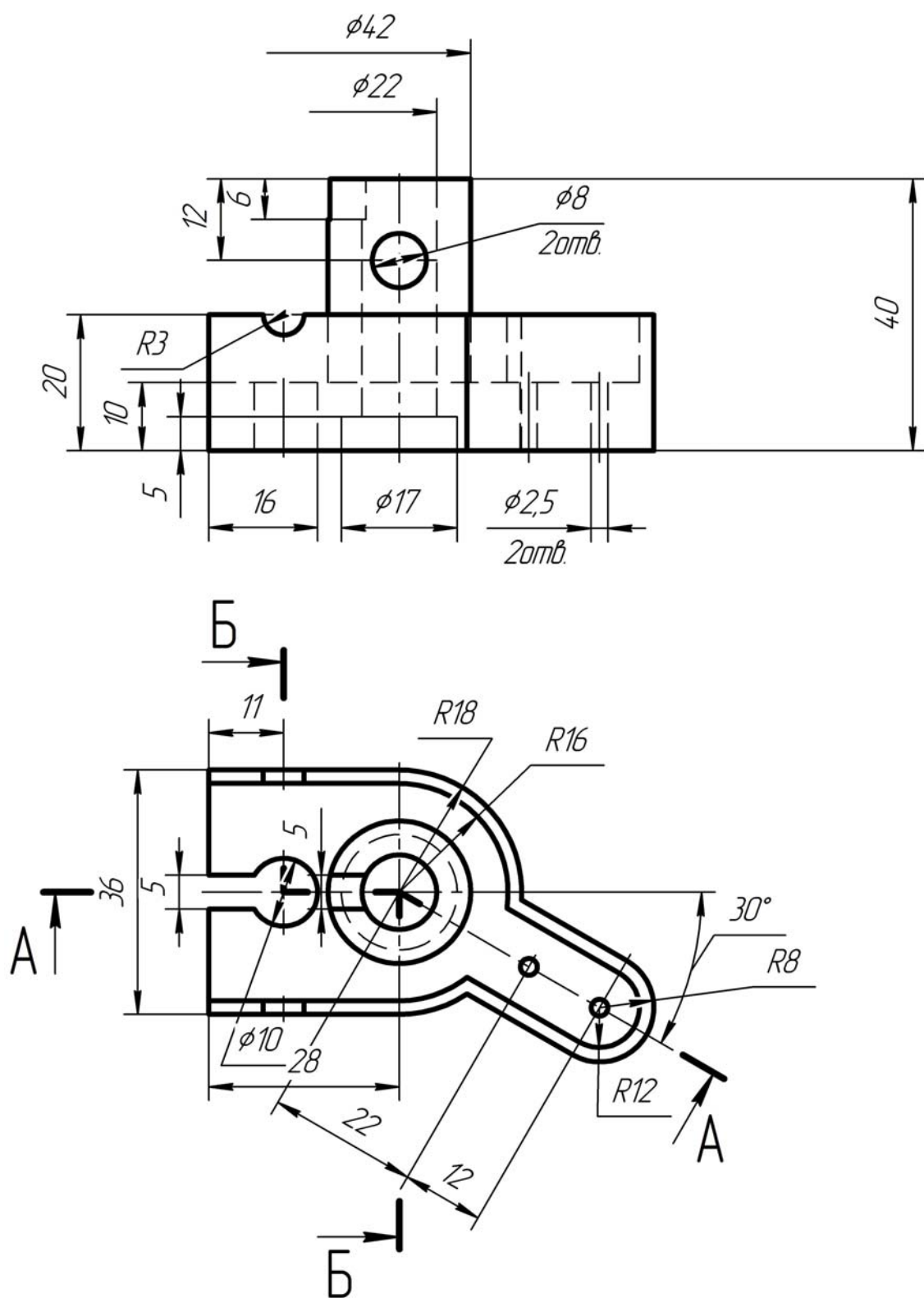
Вариант 18



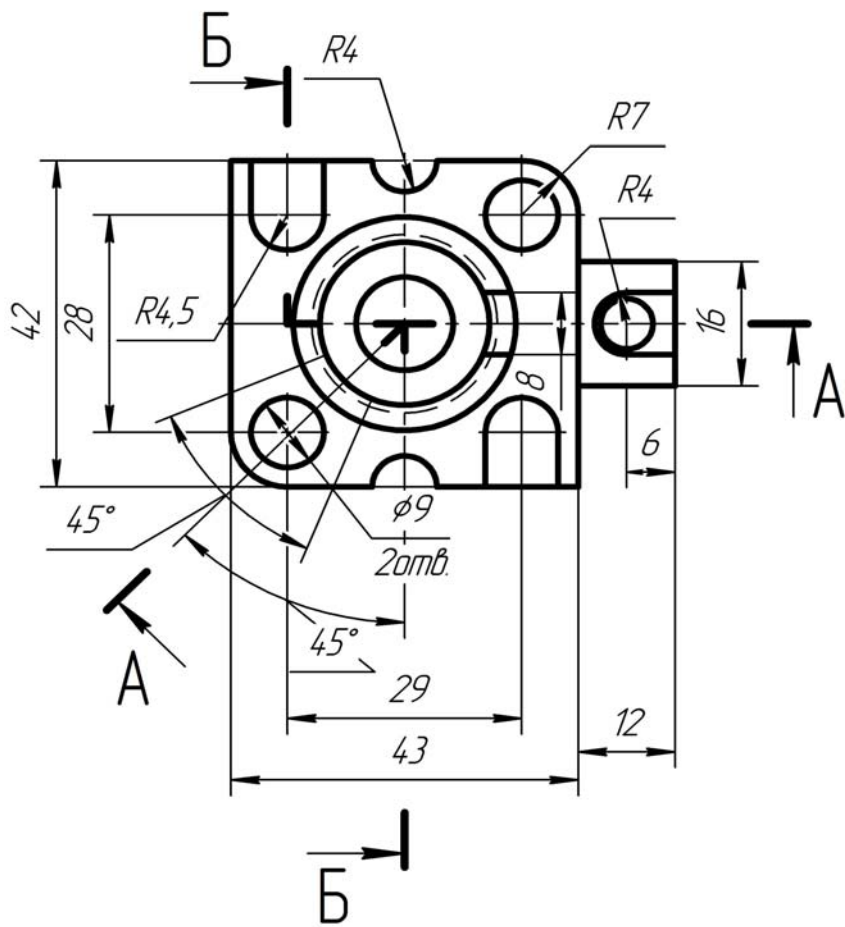
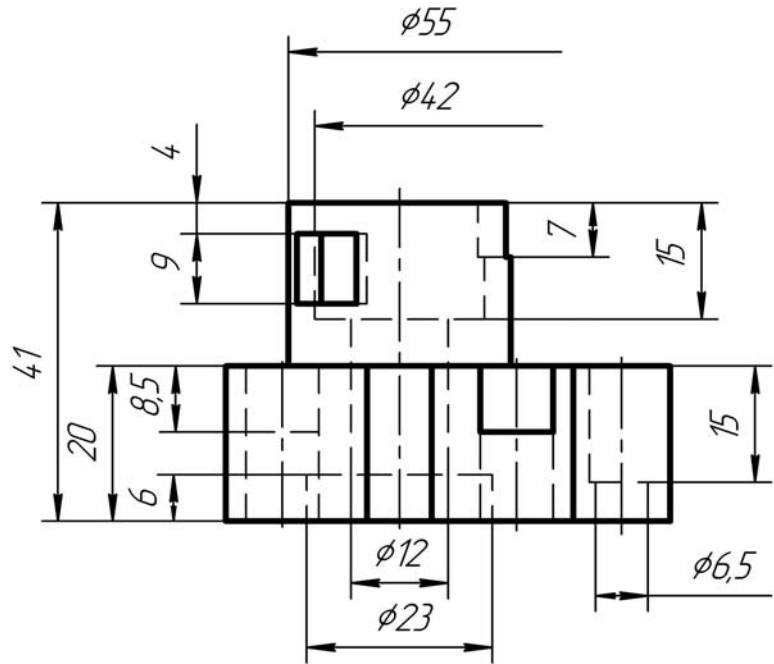
Вариант 19



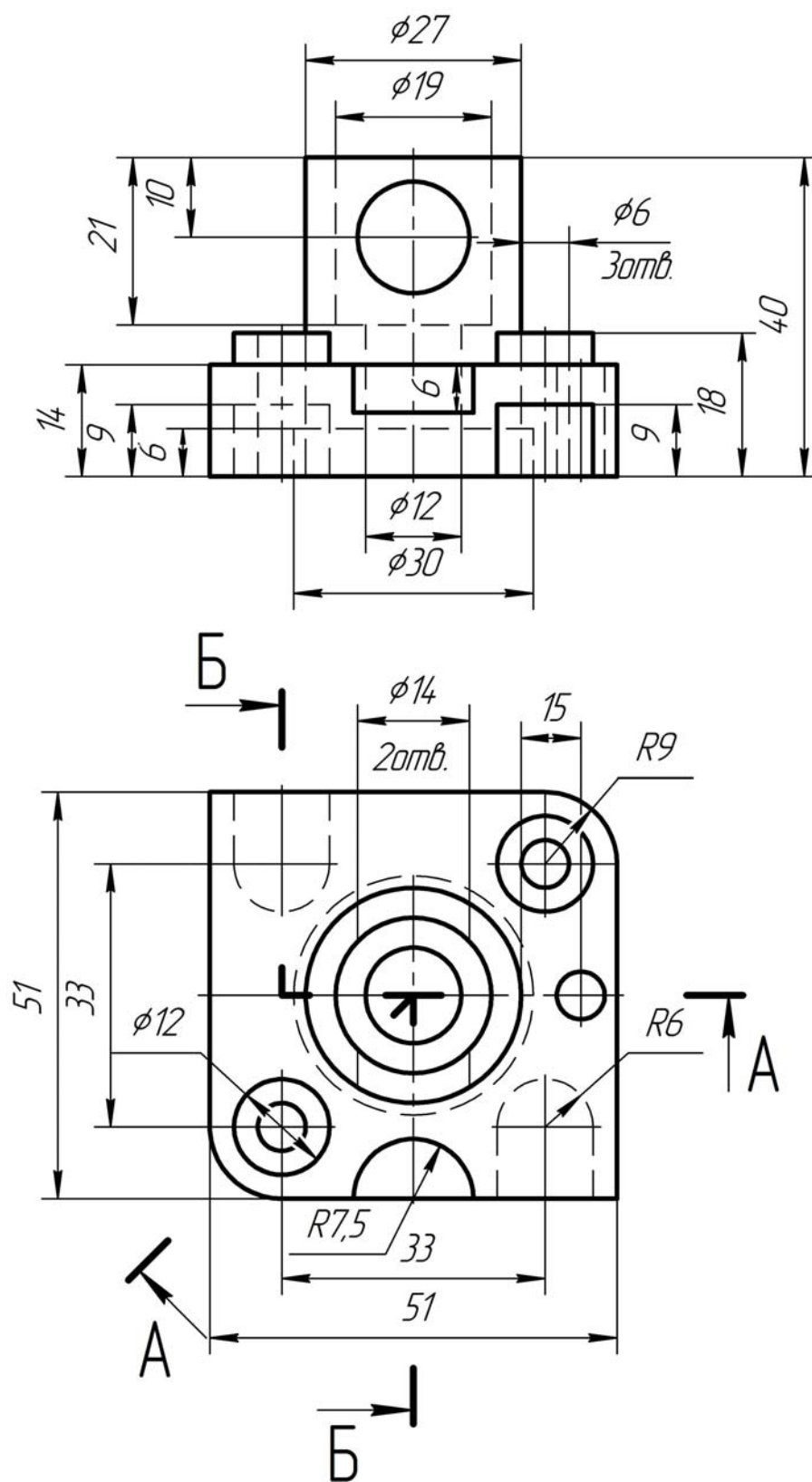
Вариант 20



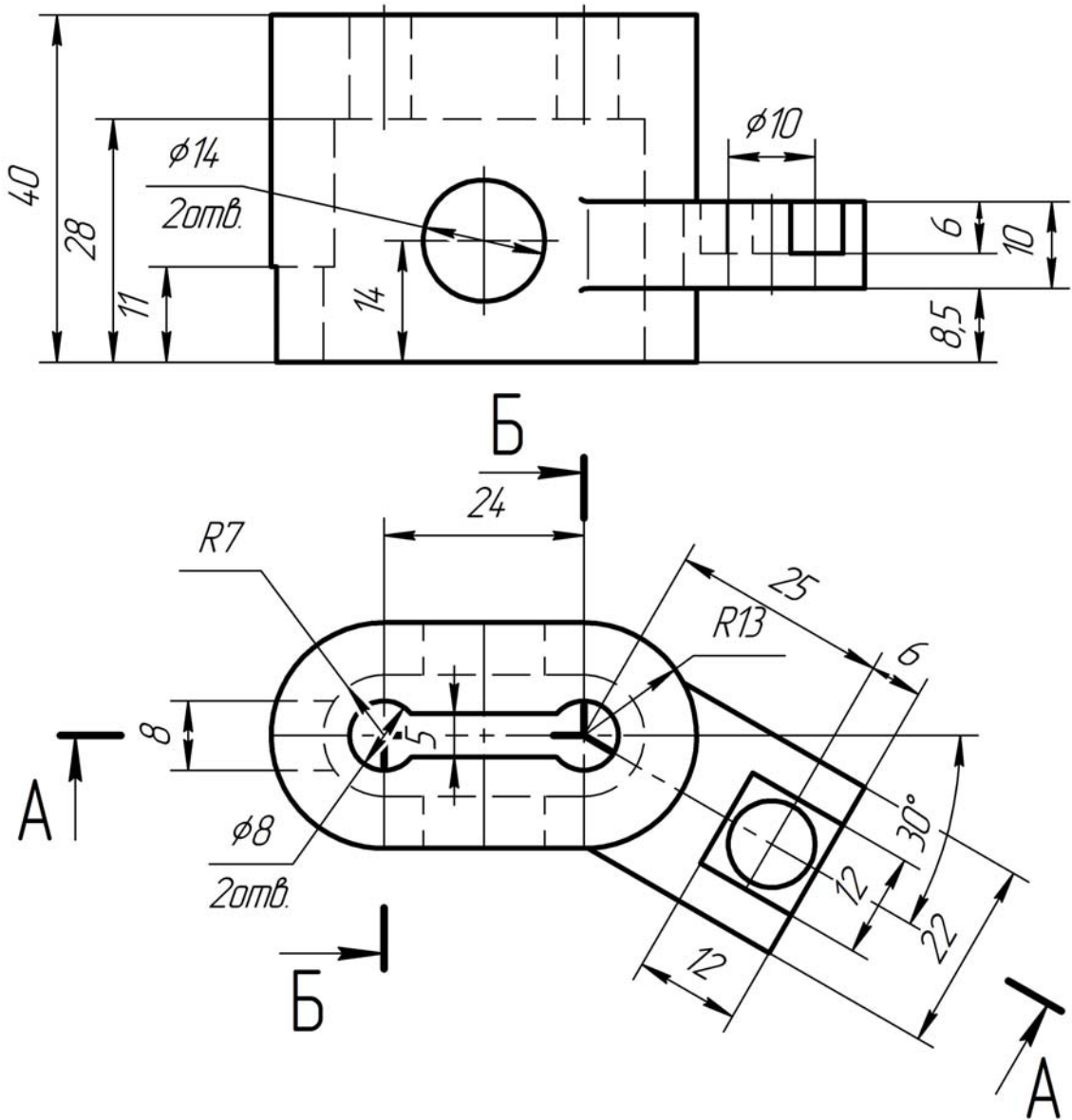
Вариант 21



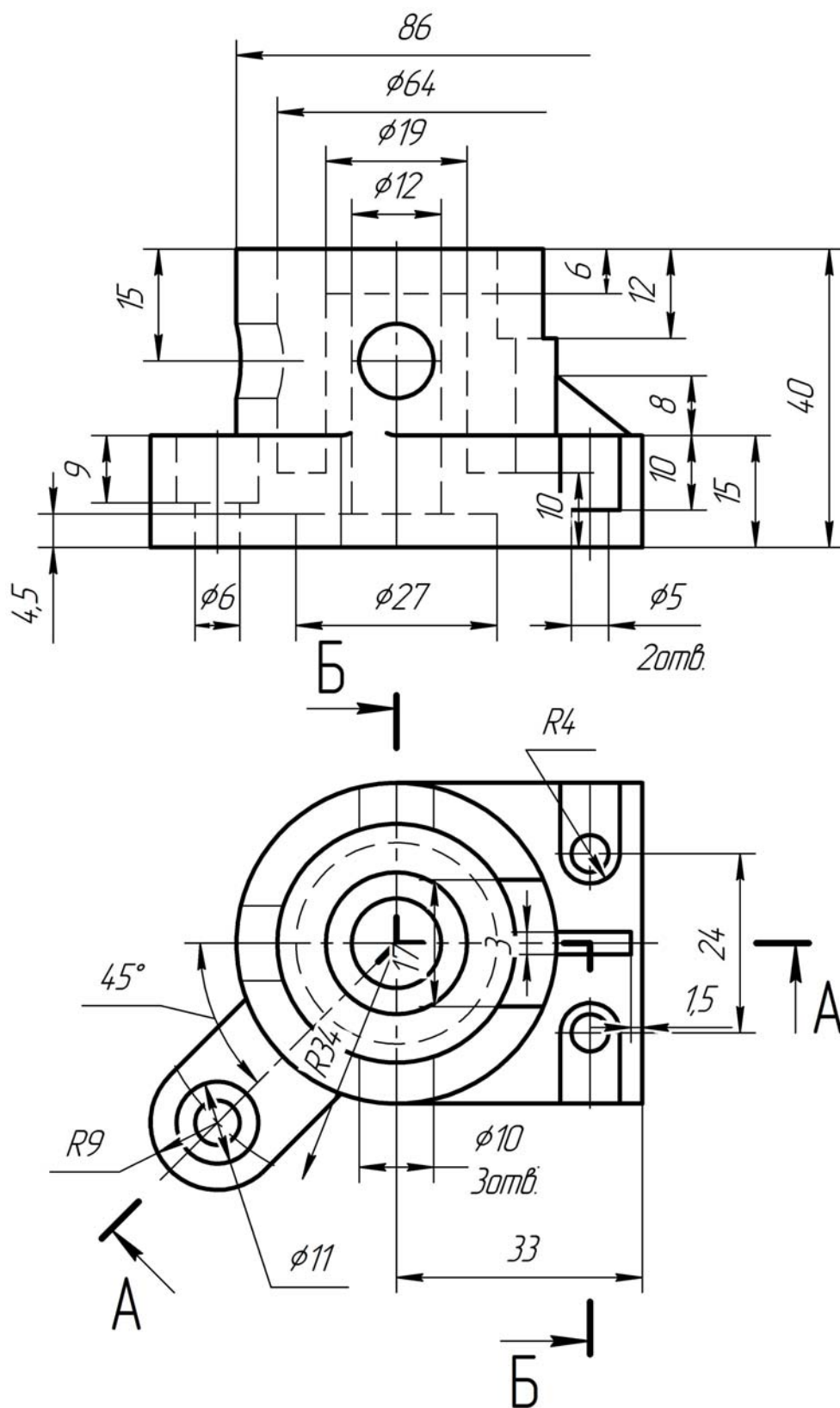
Вариант 23



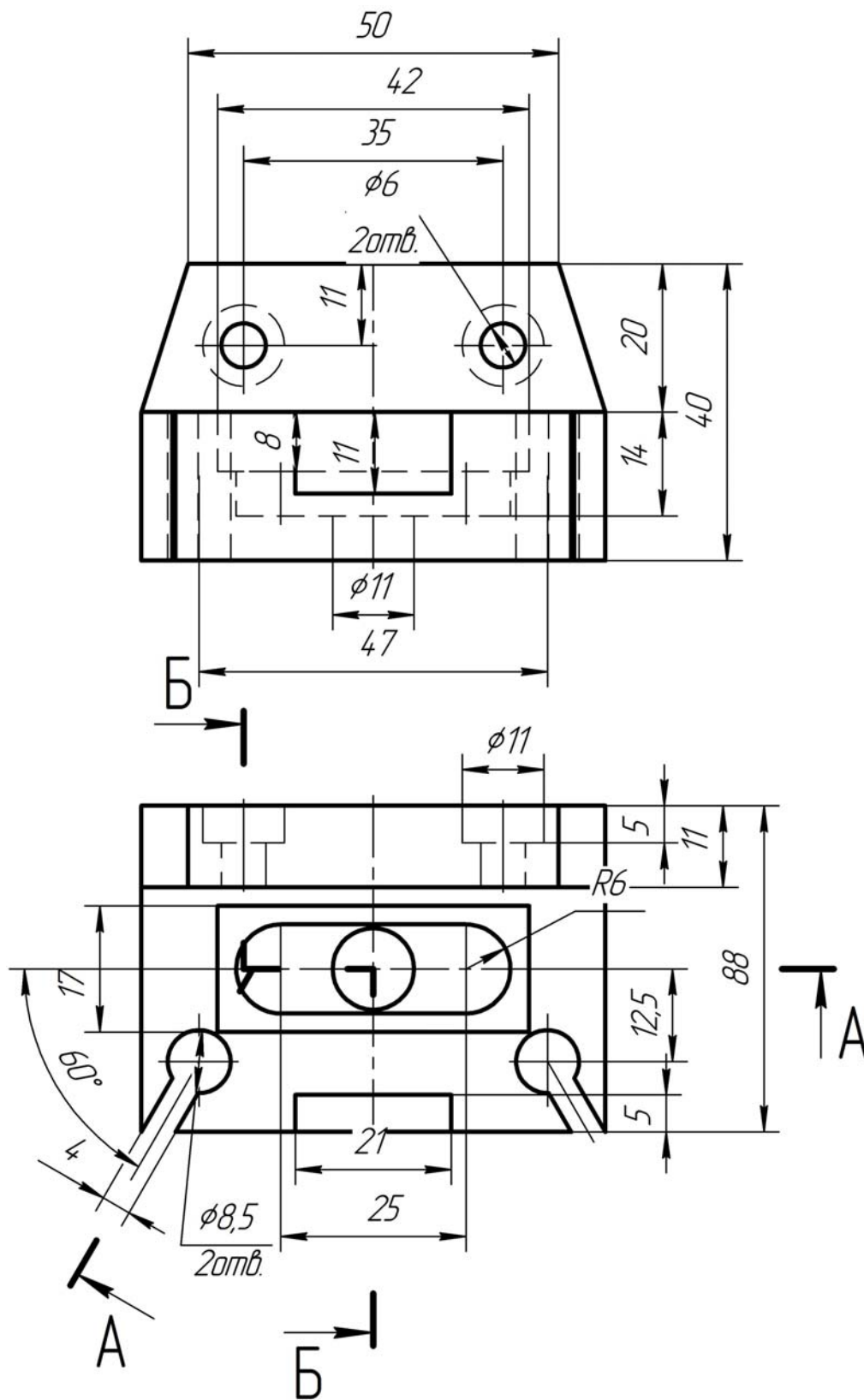
Вариант 24



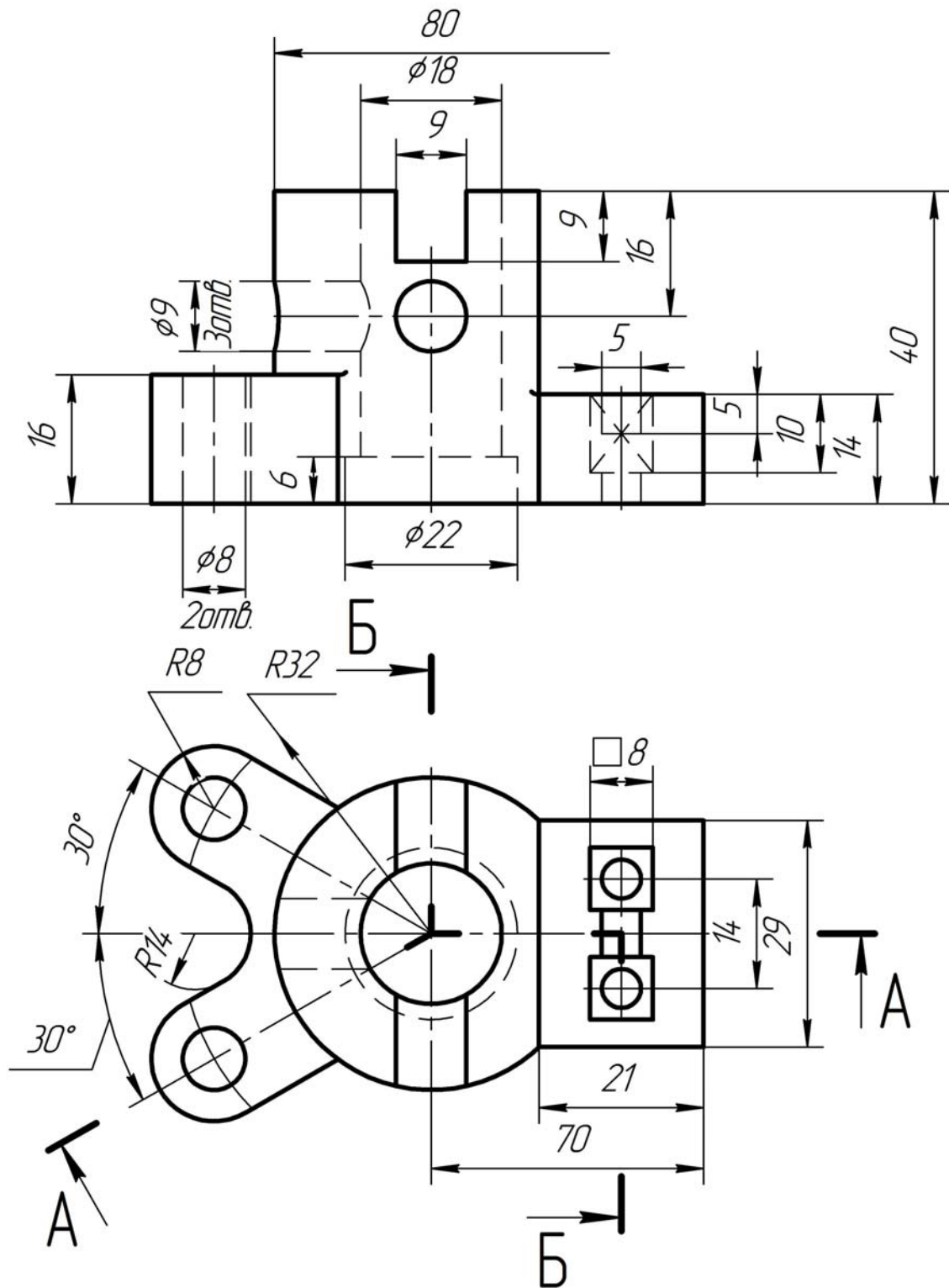
Вариант 25



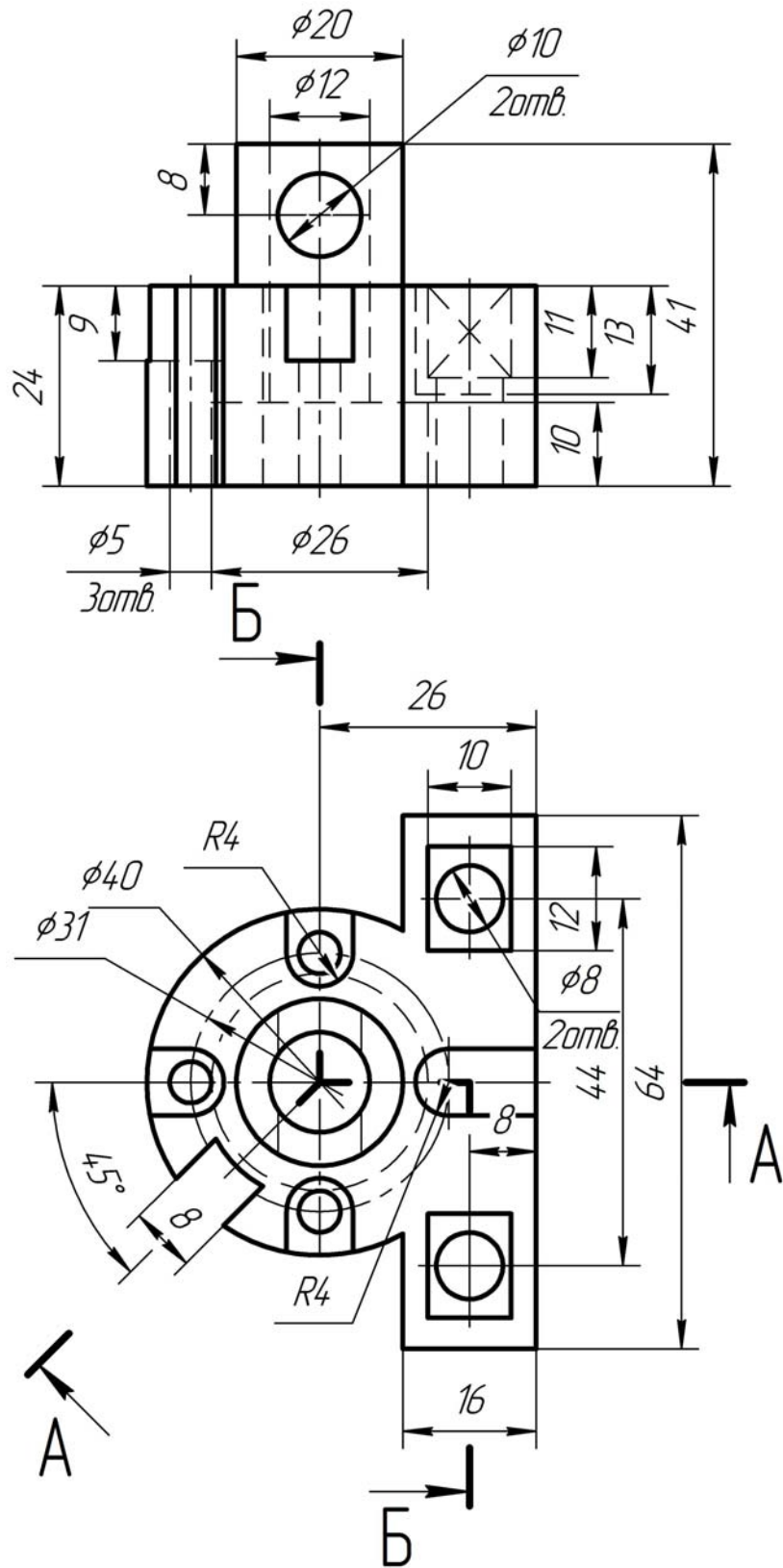
Вариант 26



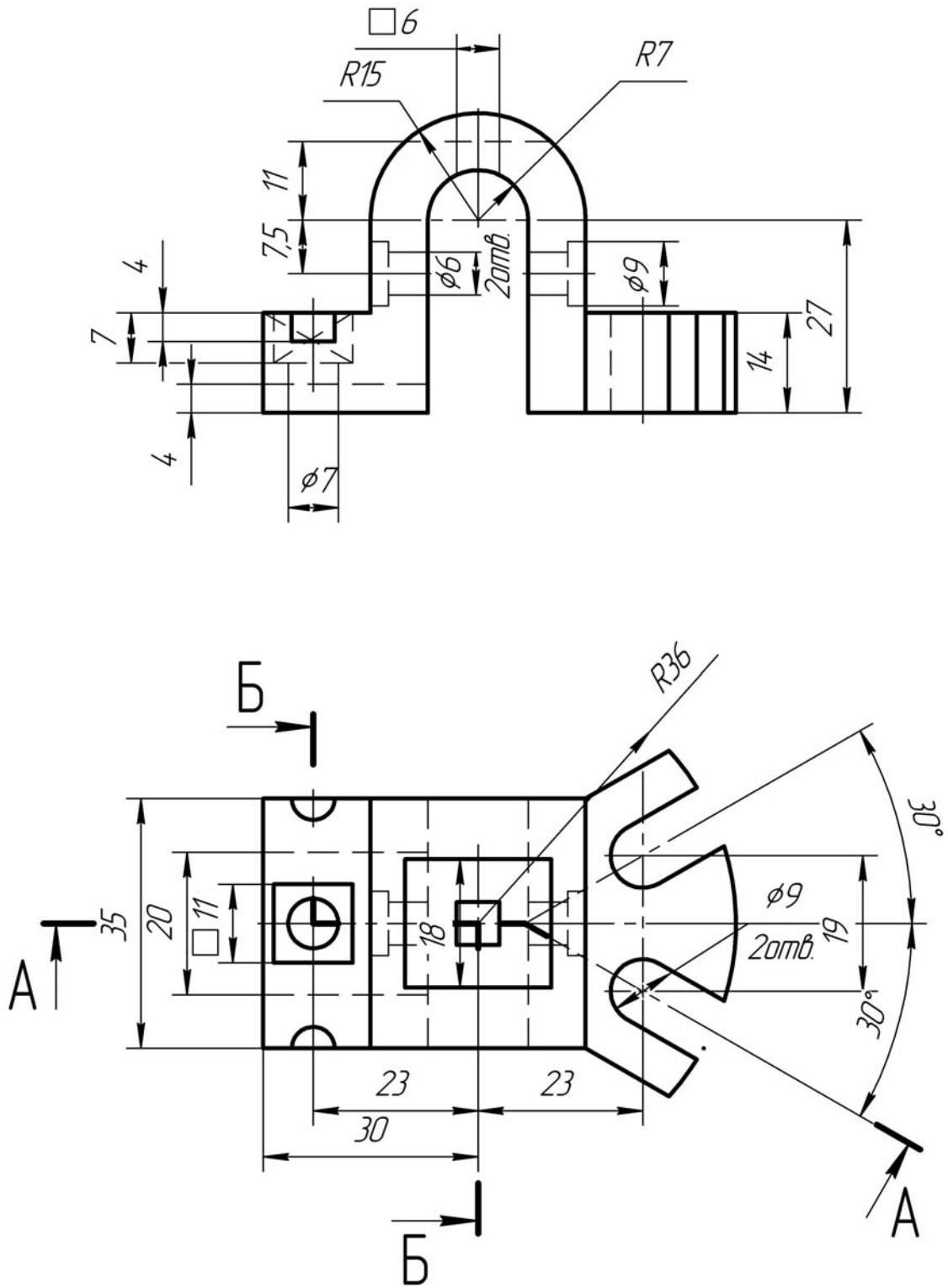
Вариант 27



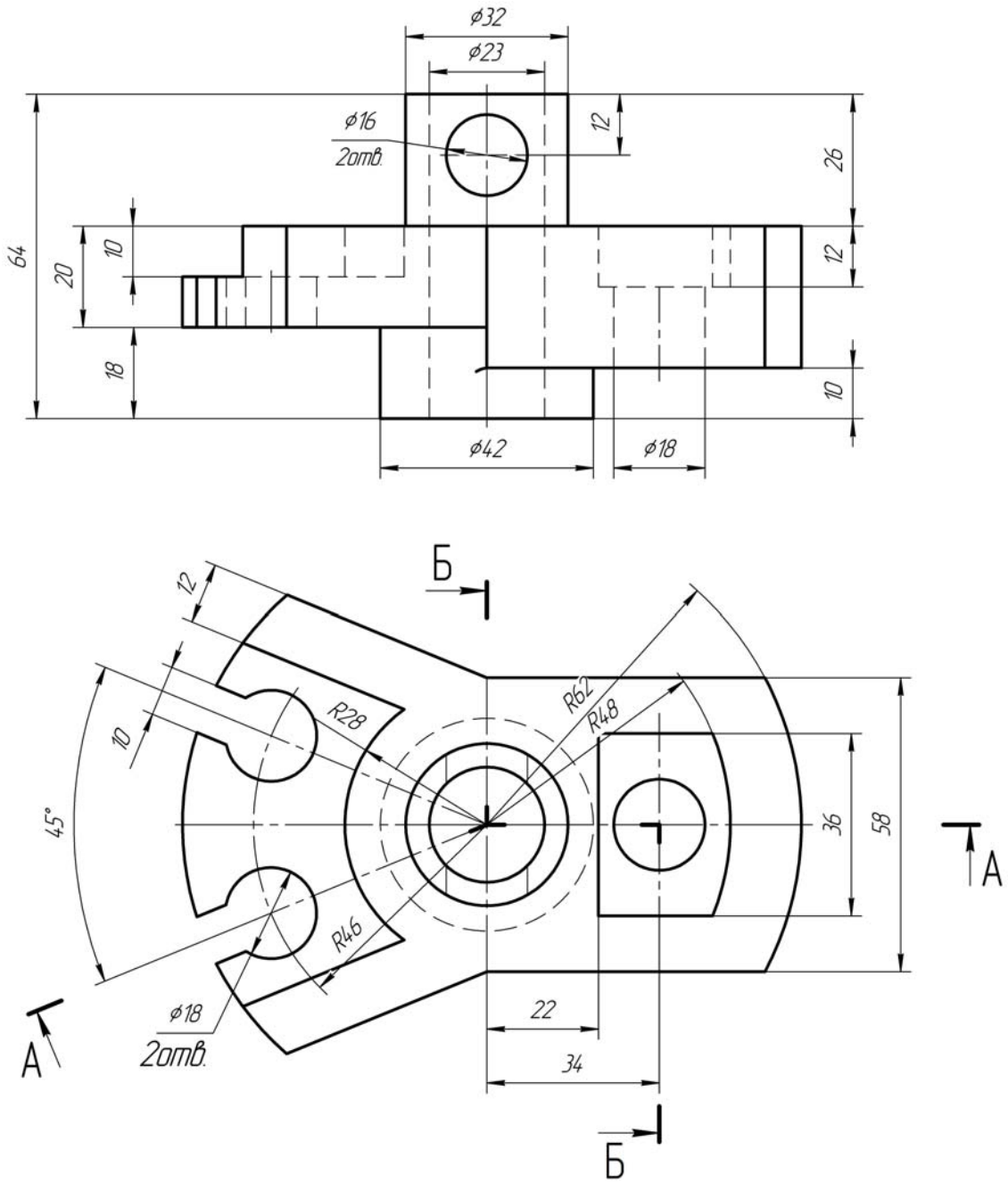
Вариант 28



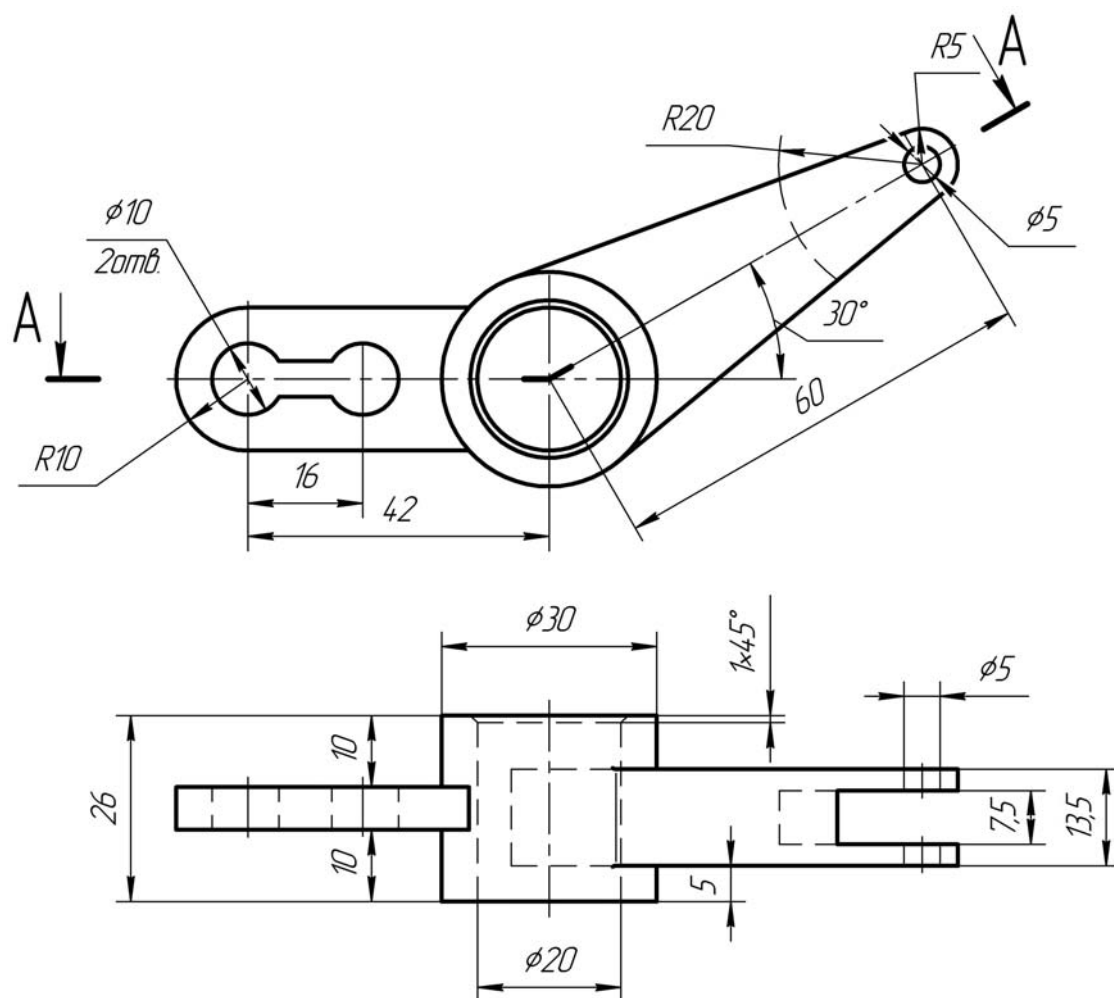
Вариант 29



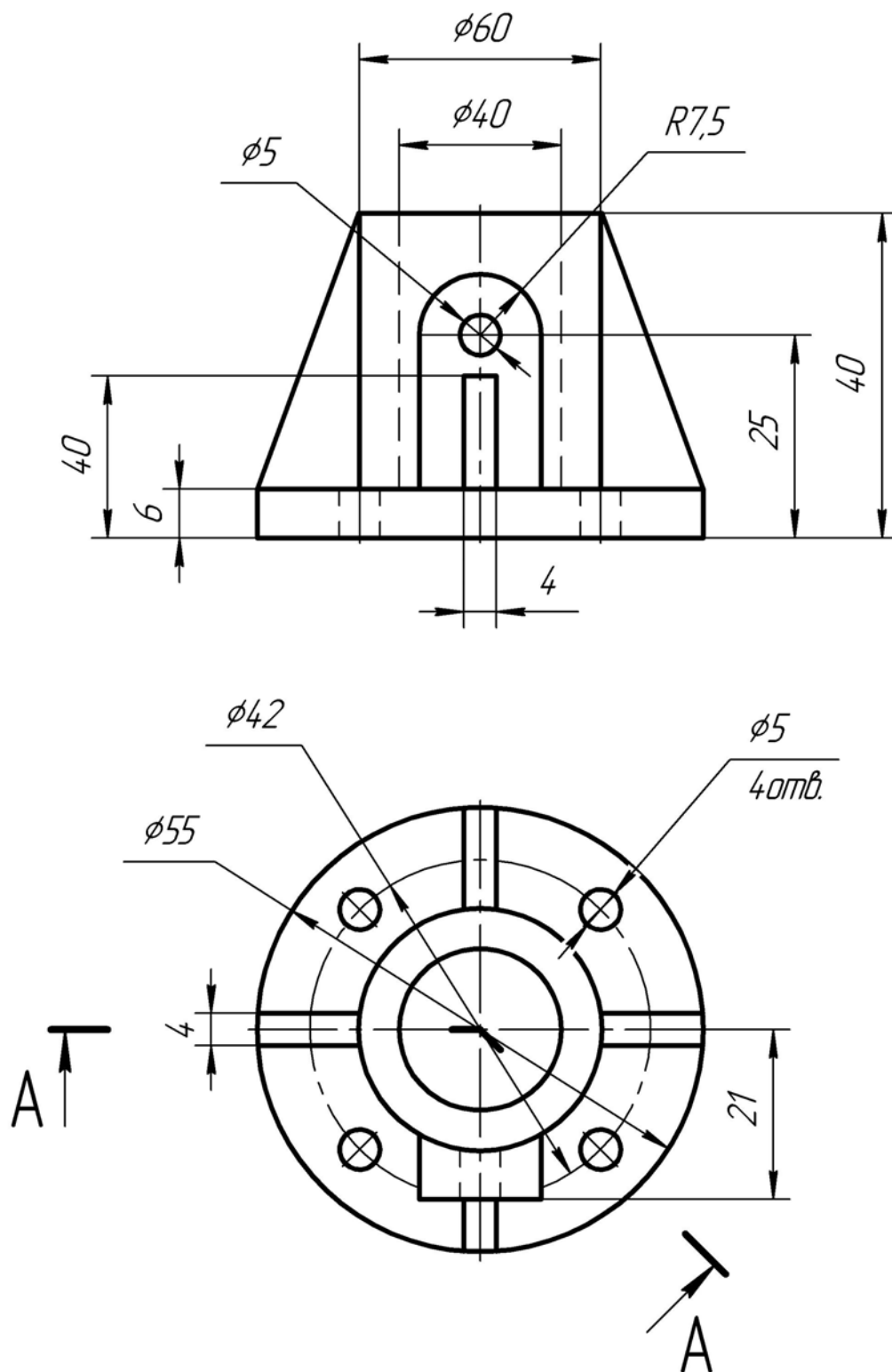
Вариант 30



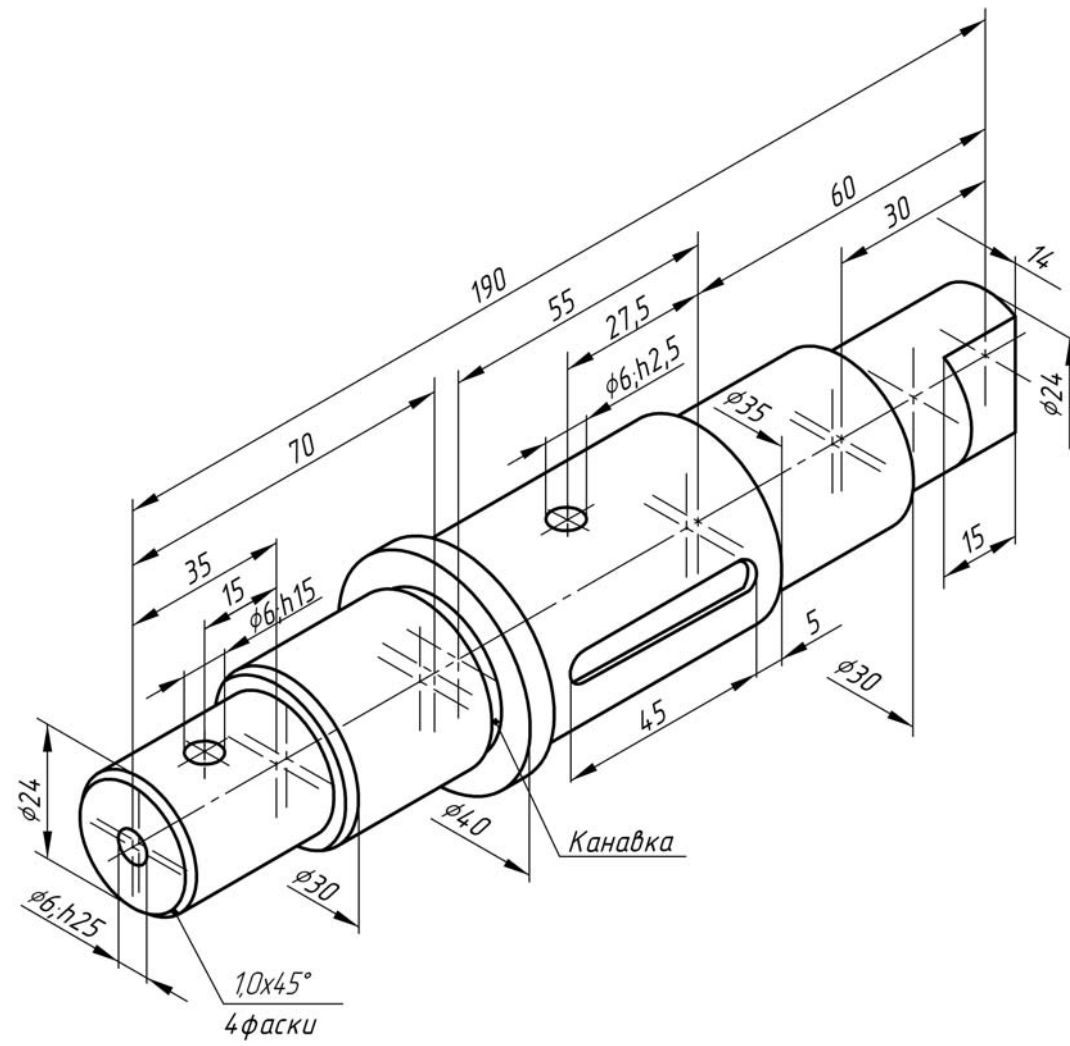
Вариант 31



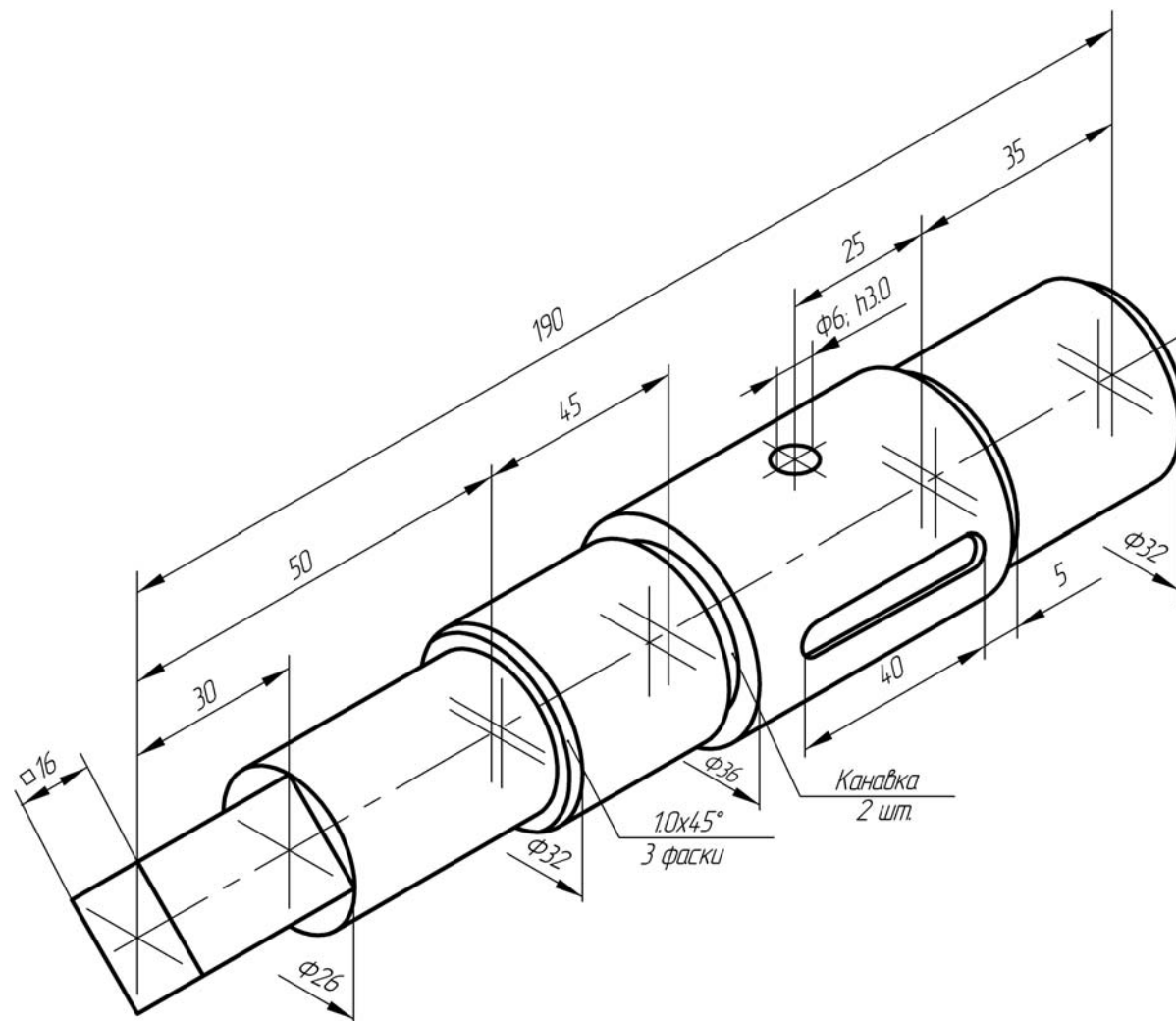
Вариант 32



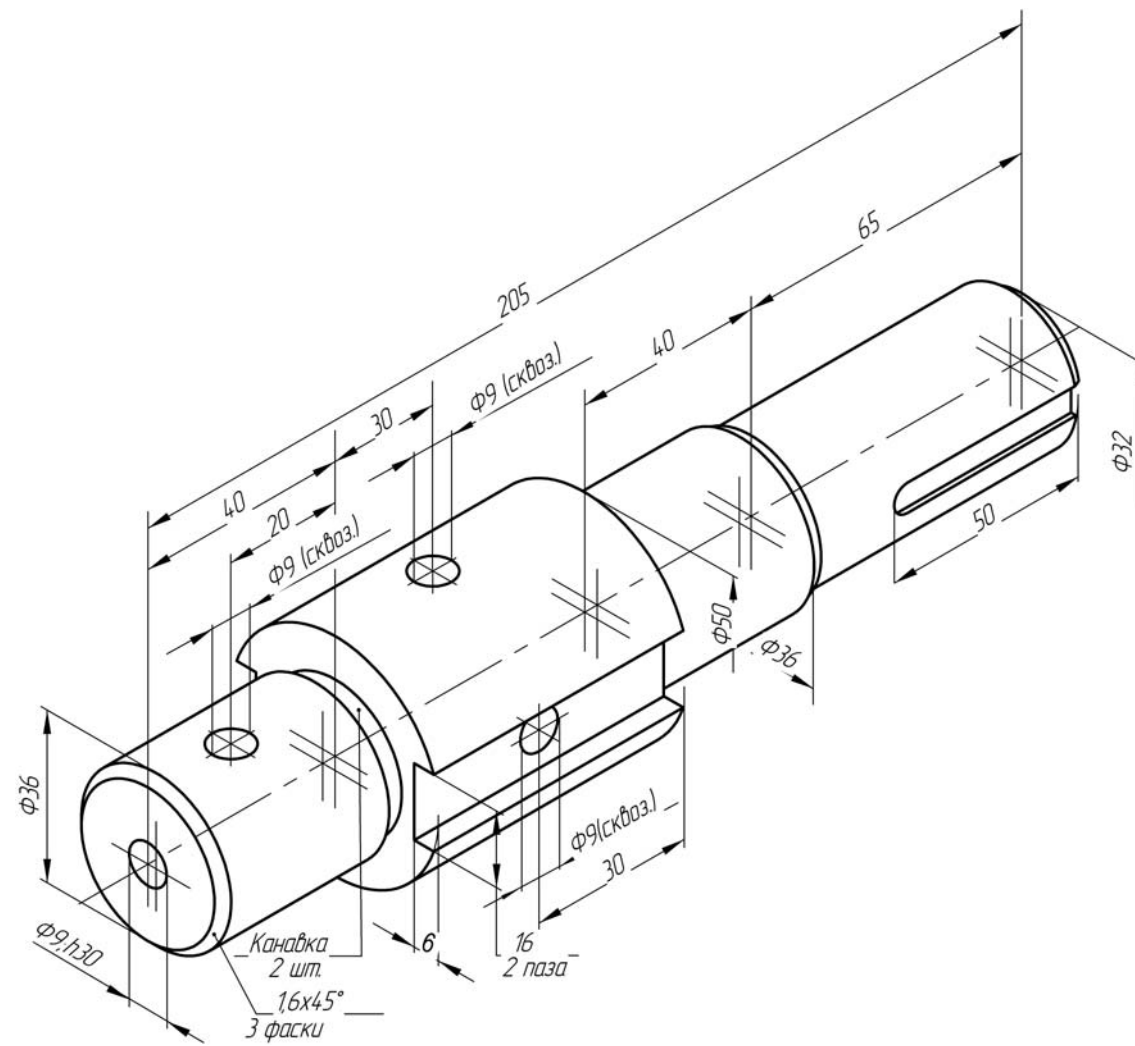
Вариант 1



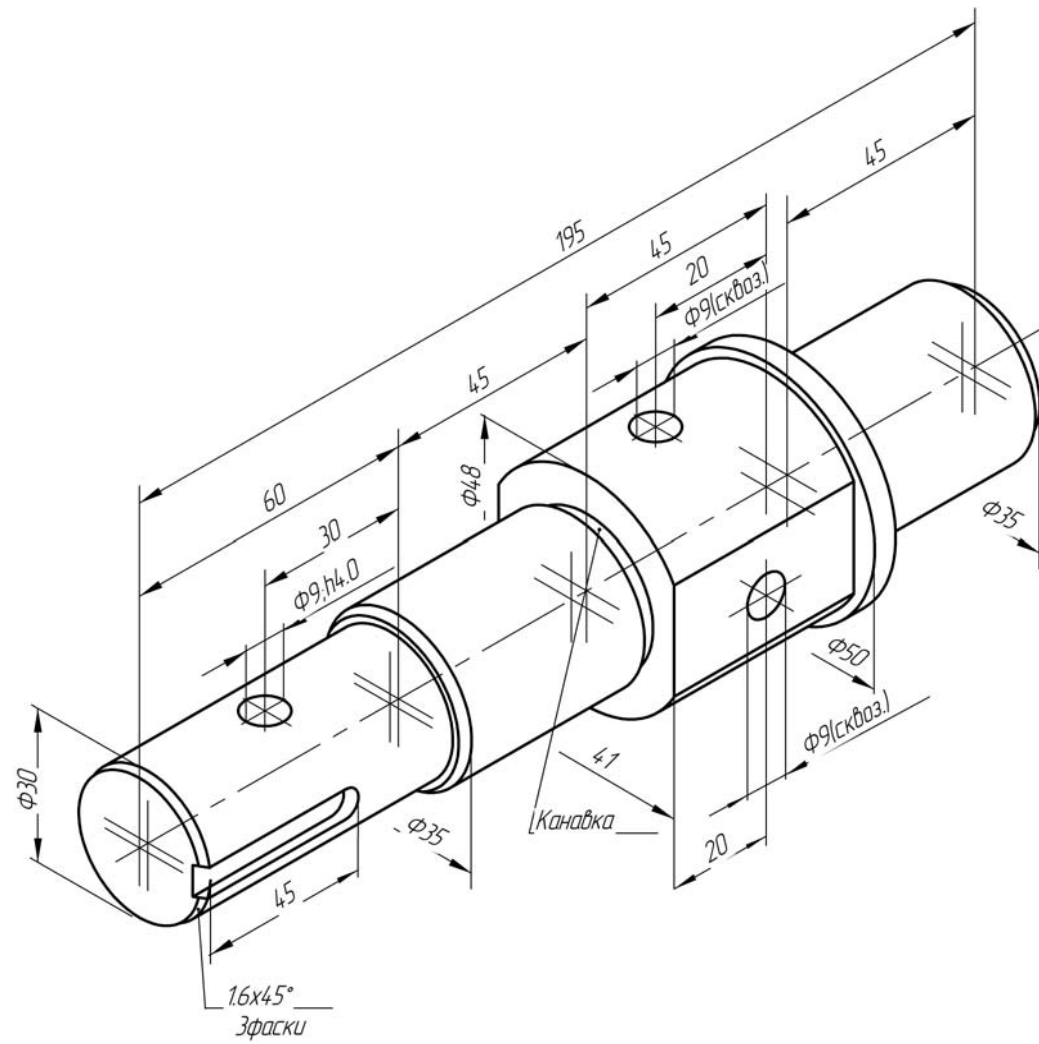
Вариант 2



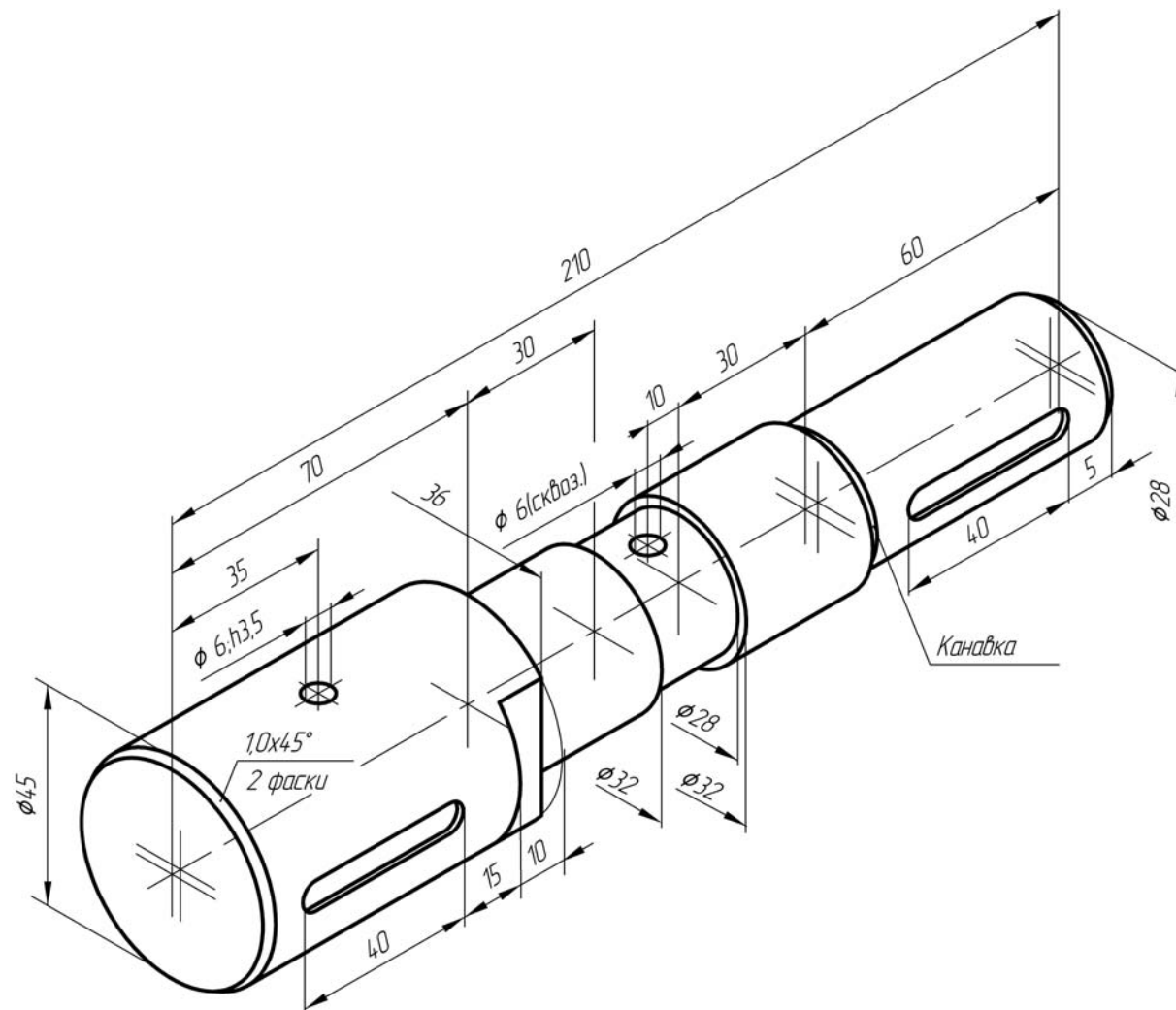
Вариант 3



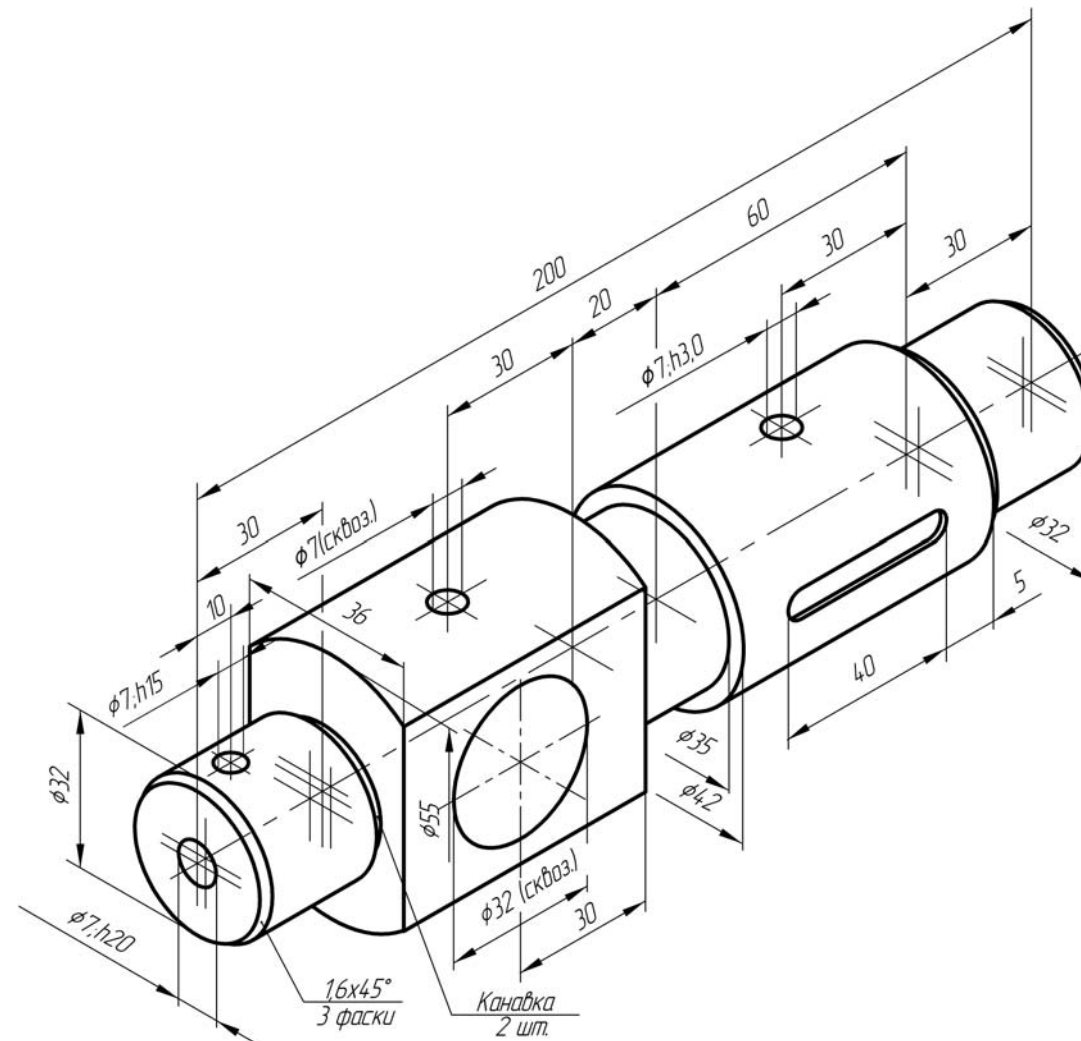
Вариант 4



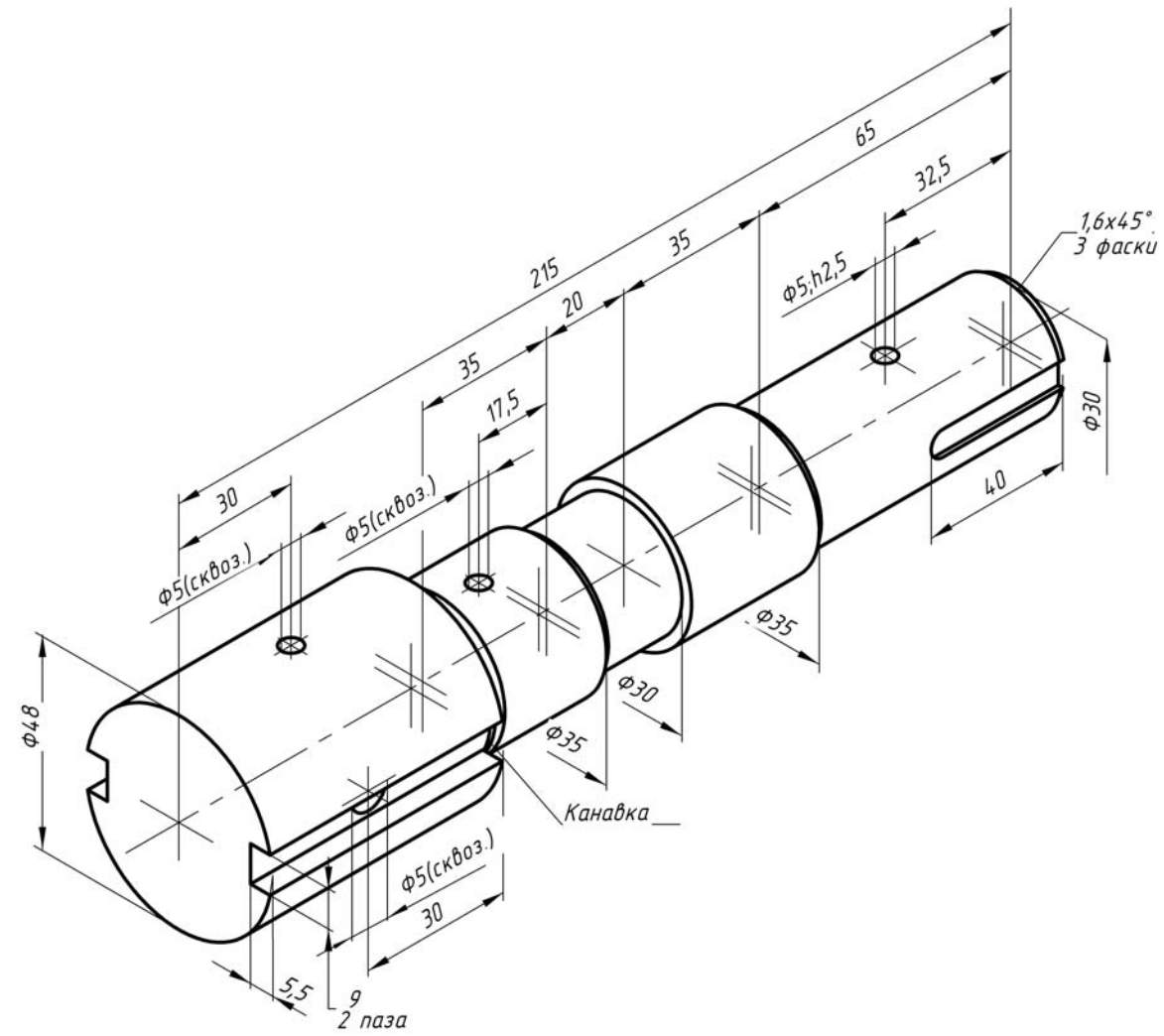
Вариант 5



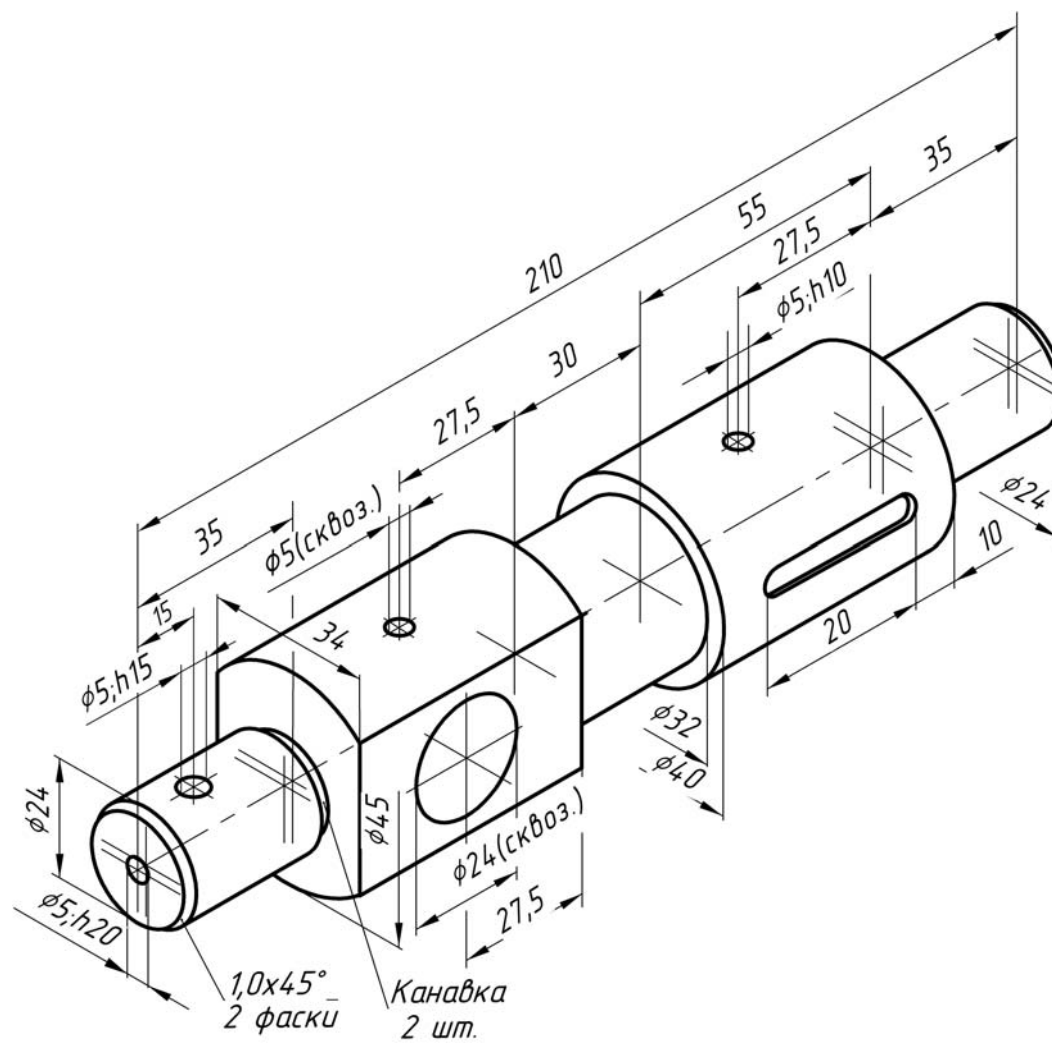
Вариант 6



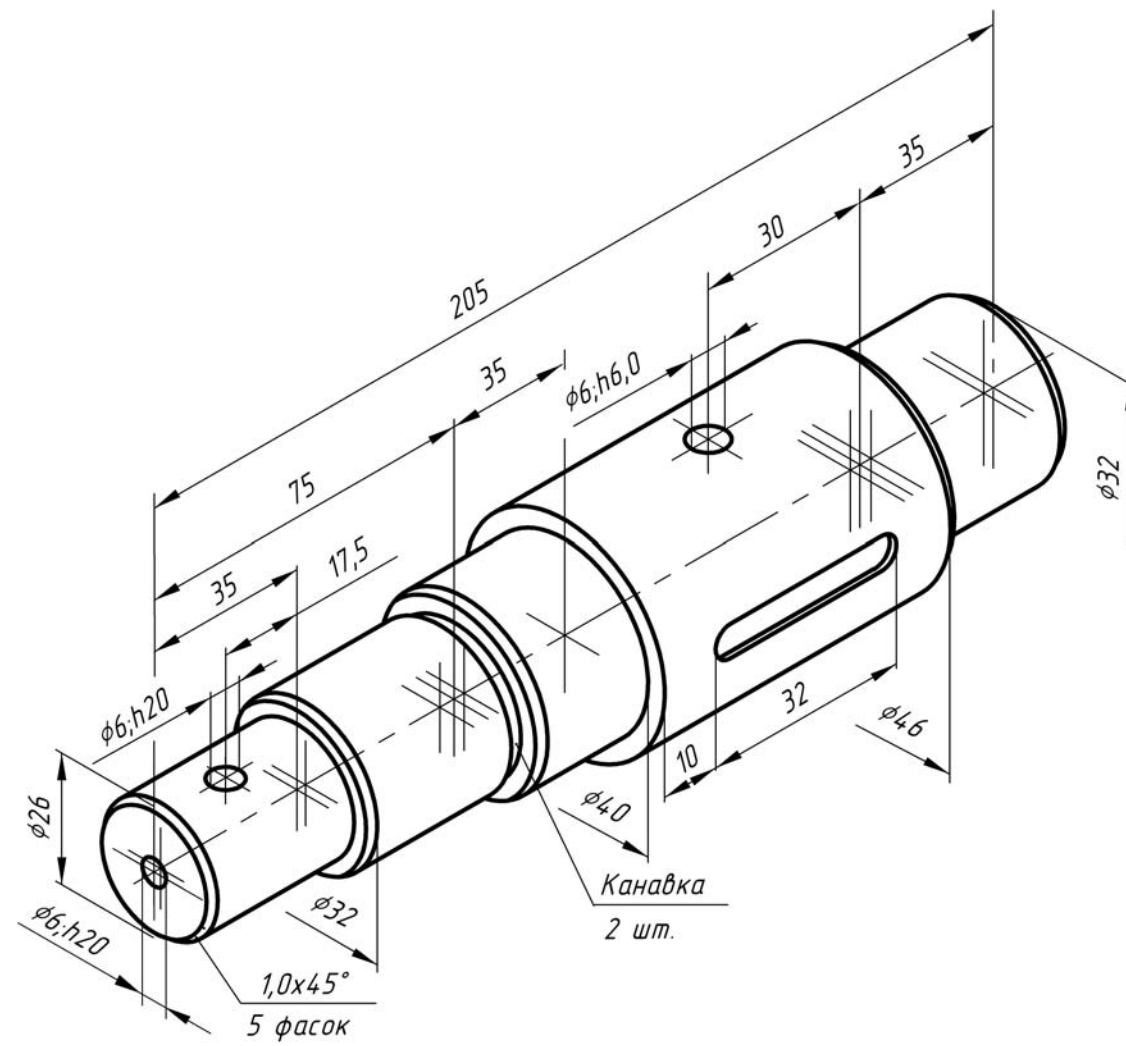
Вариант 7



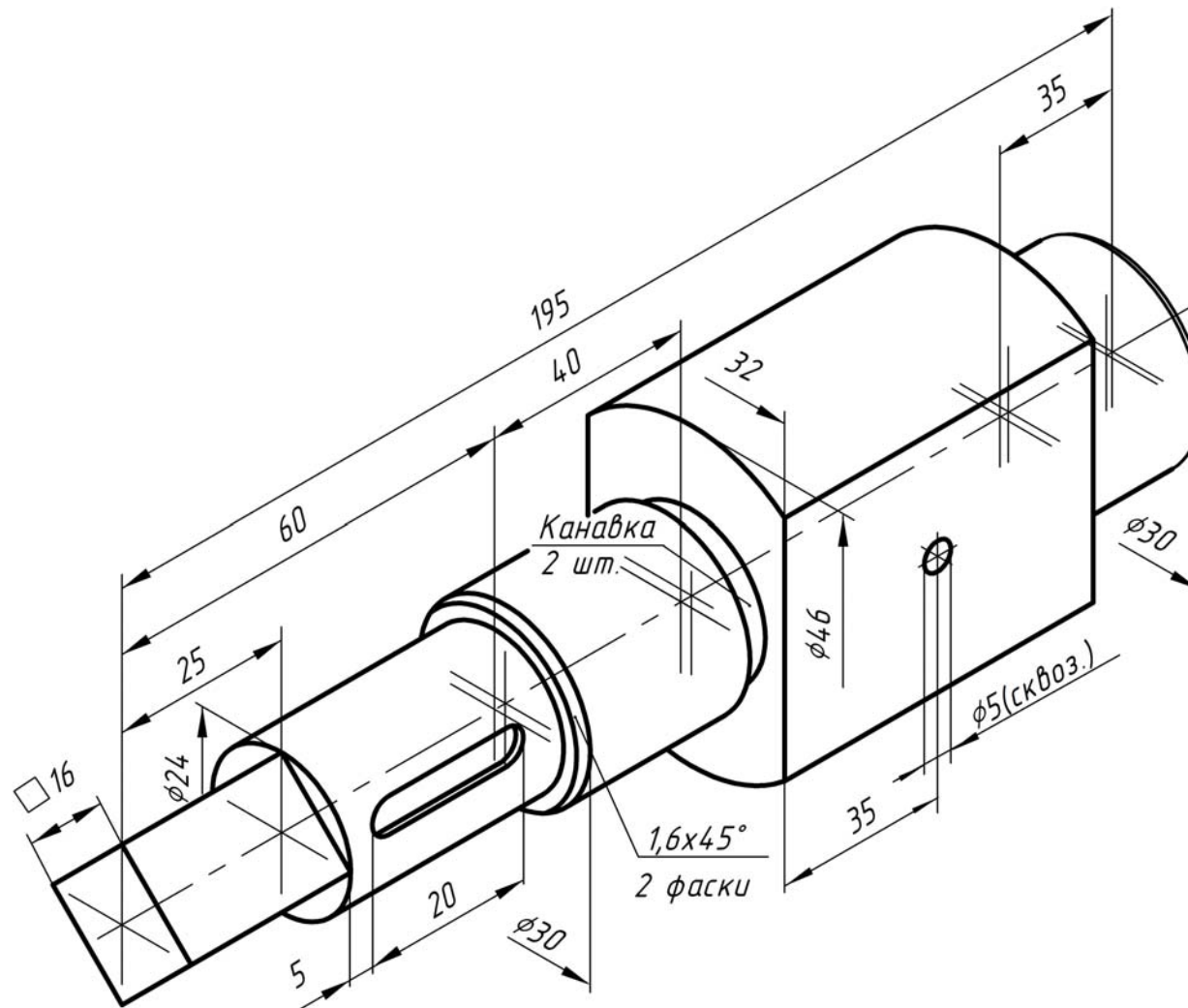
Вариант 8



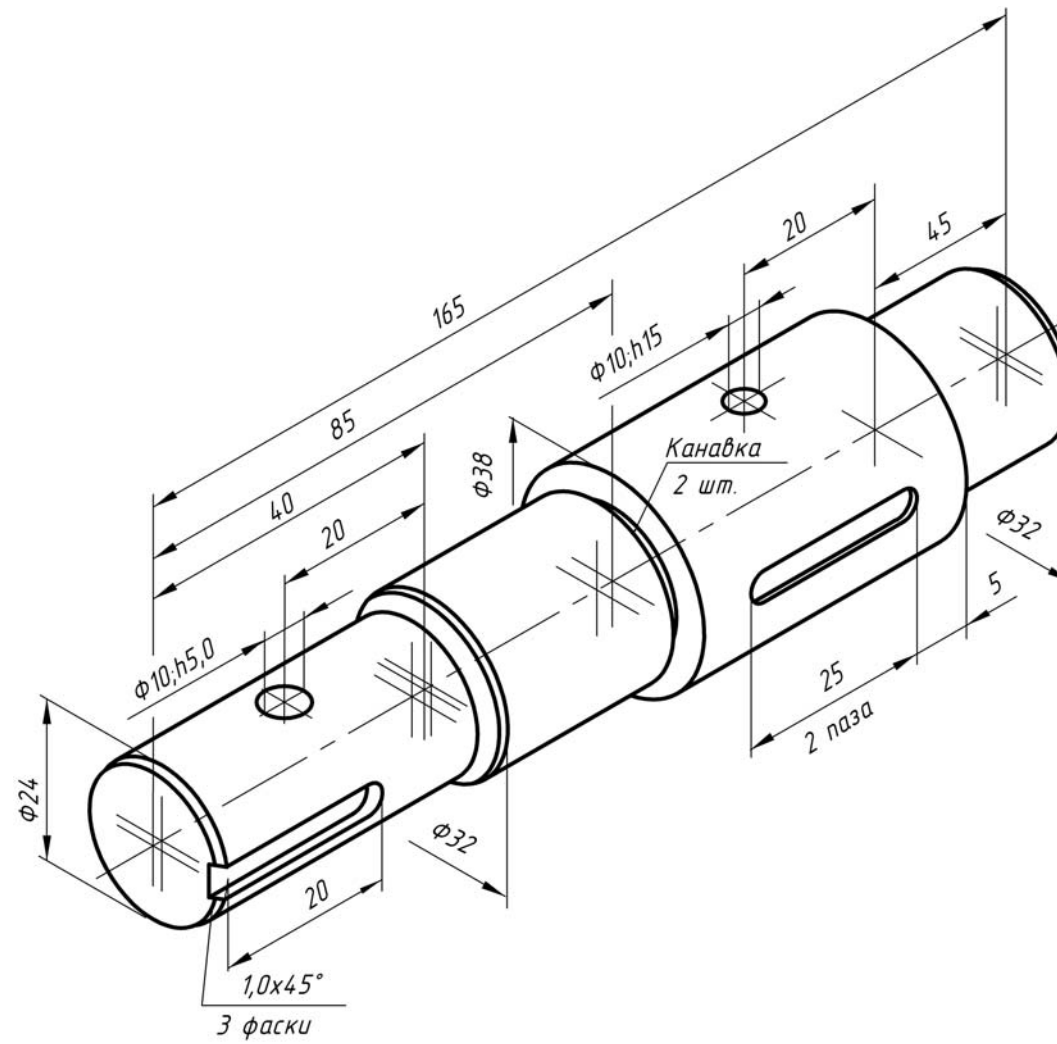
Вариант 9



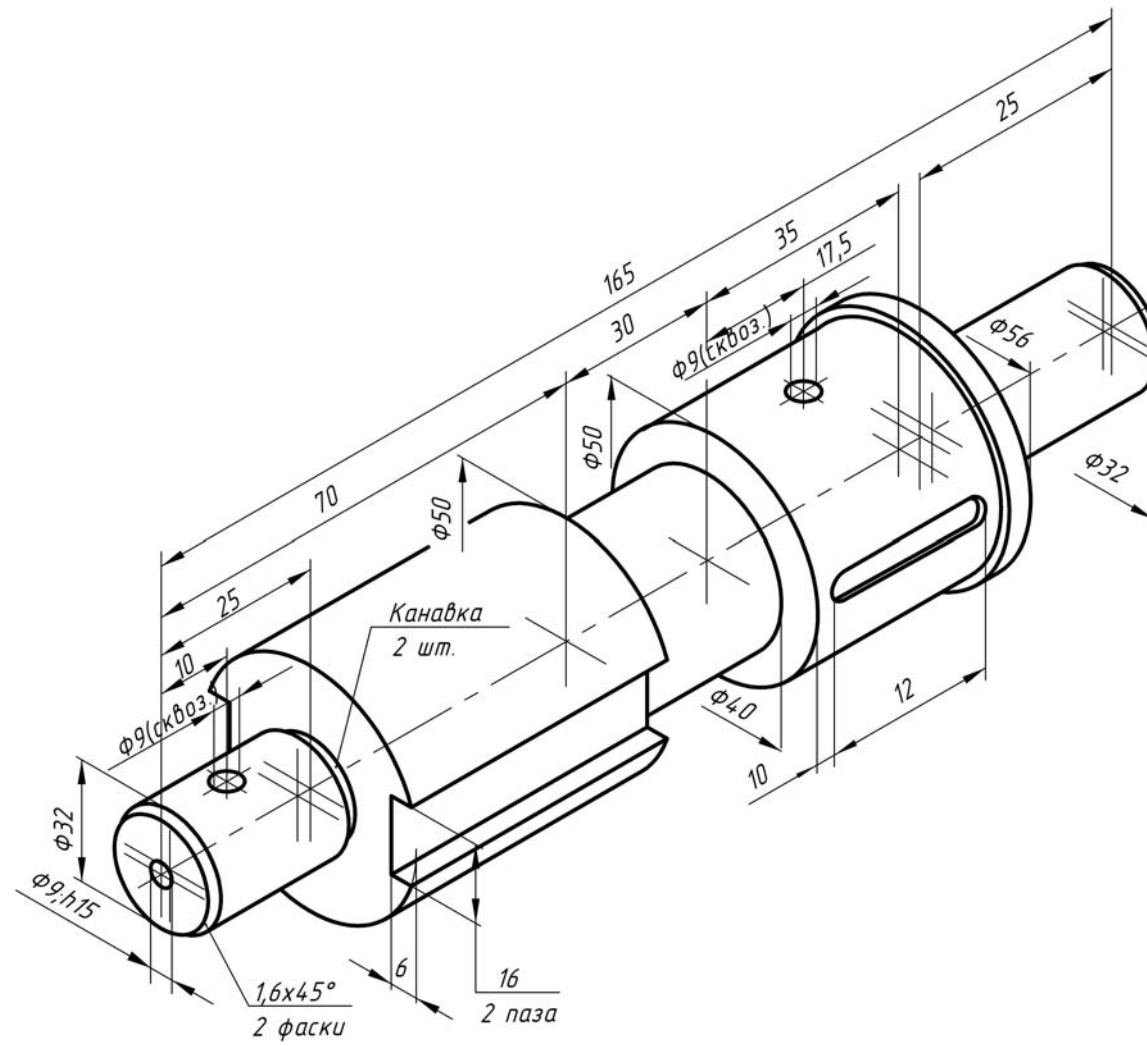
Вариант 10



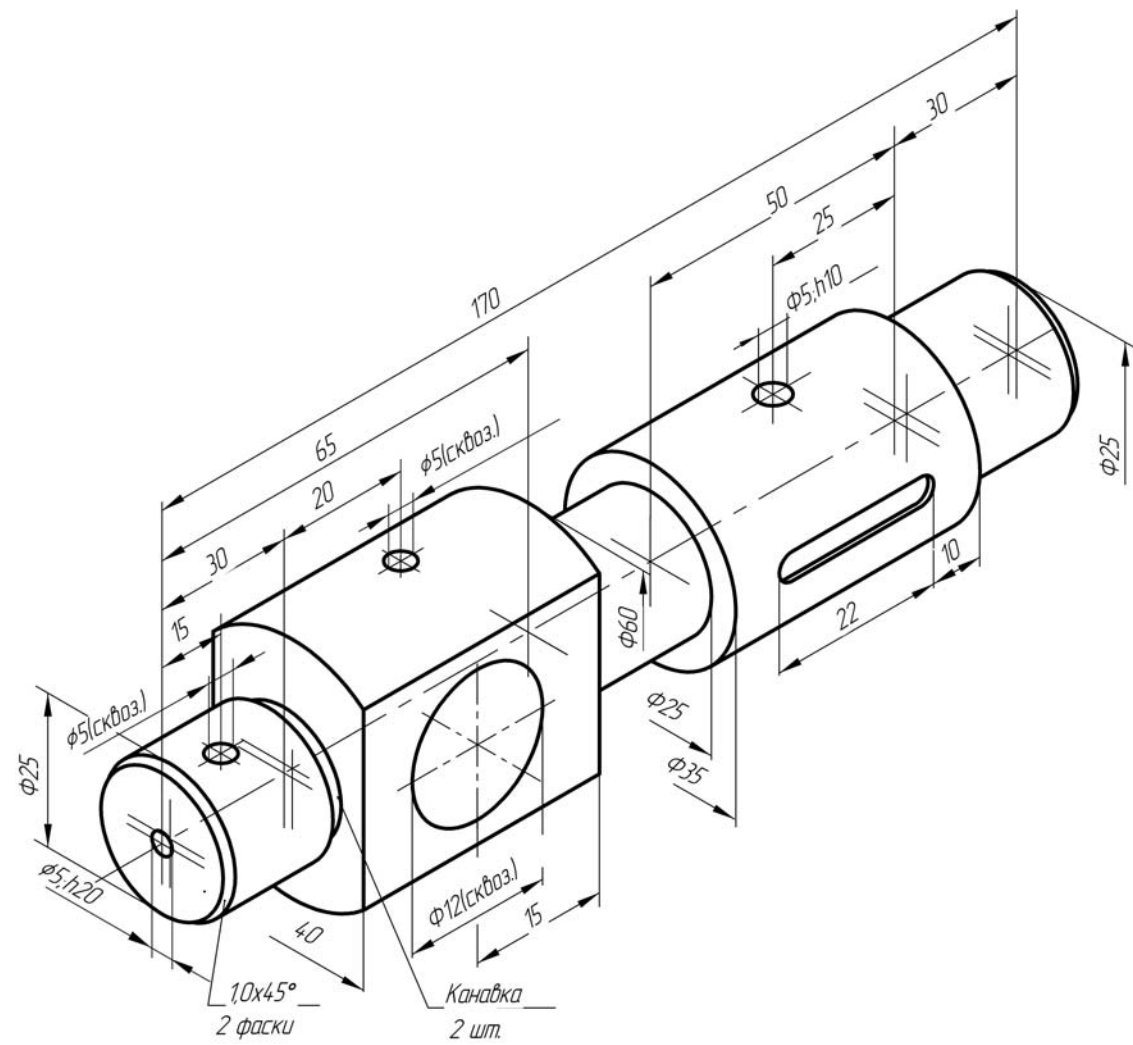
Вариант 11



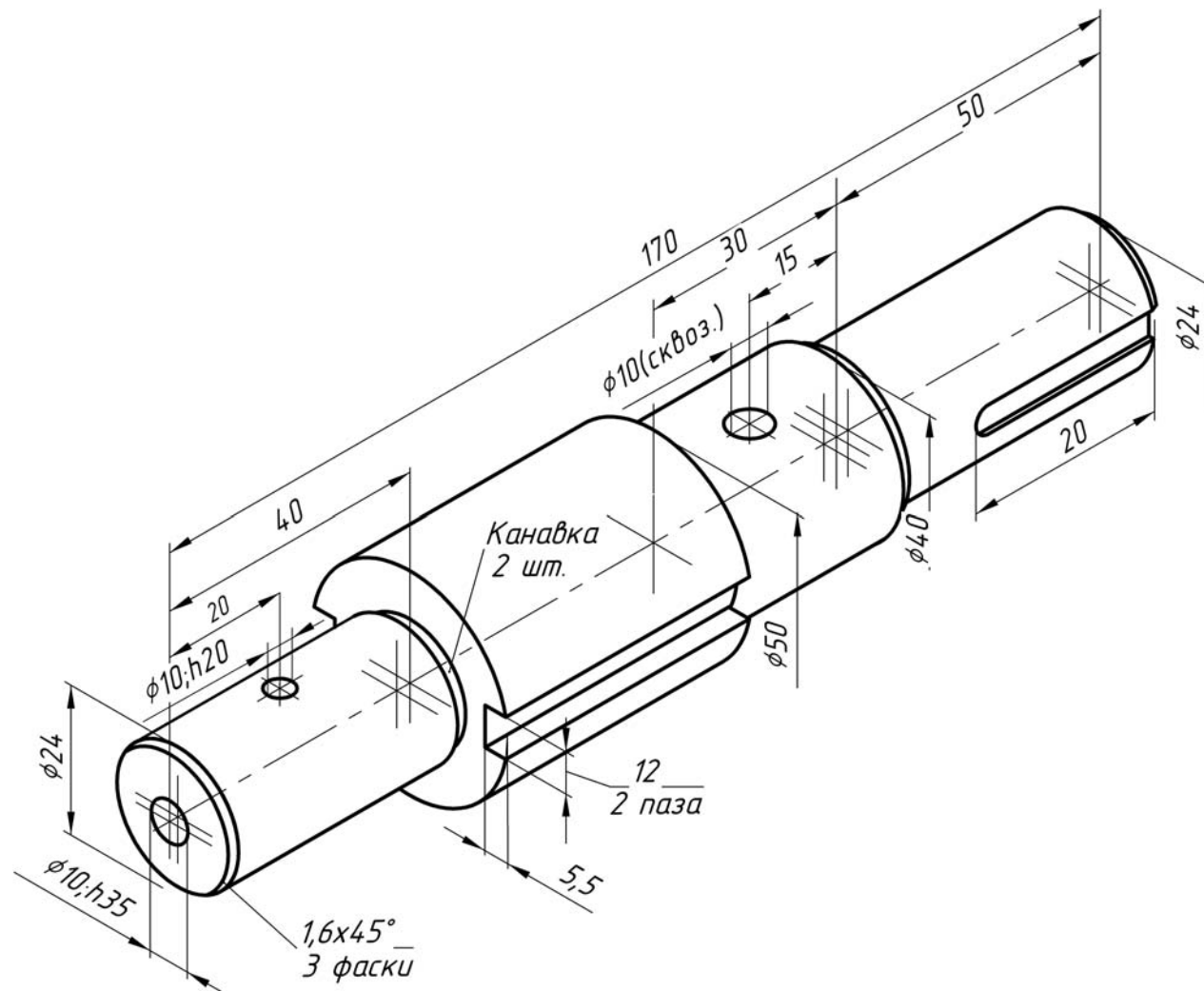
Вариант 12



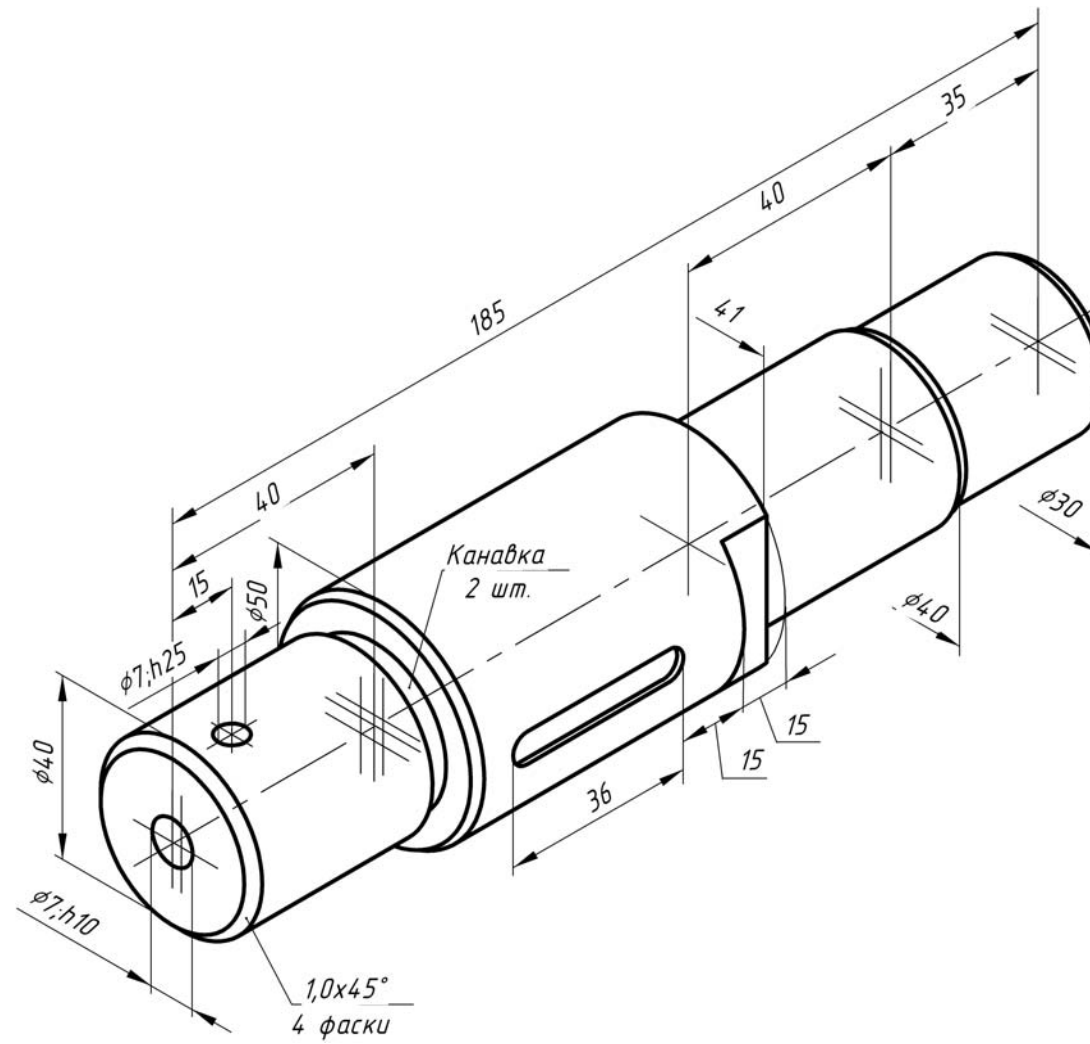
Вариант 13



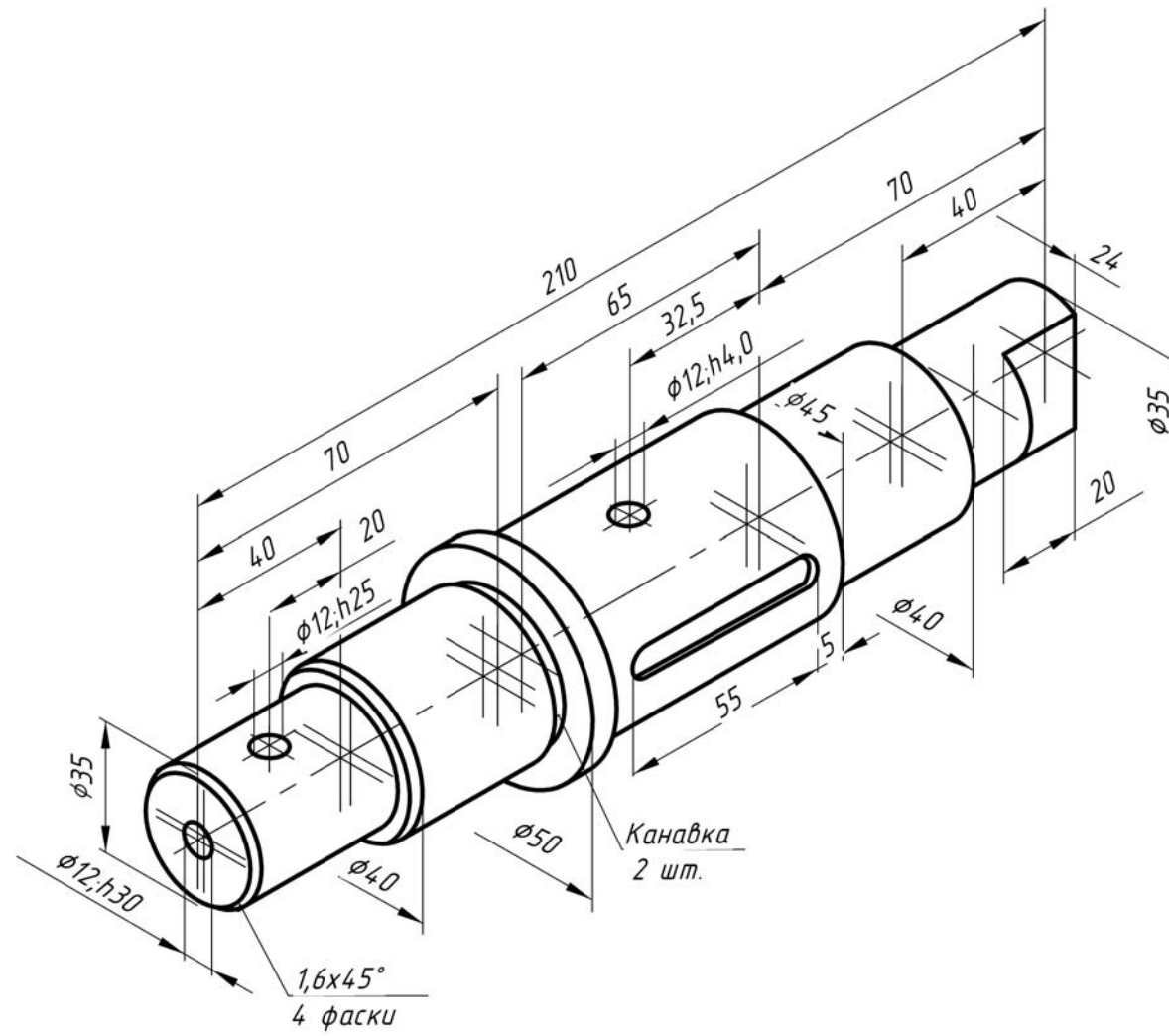
Вариант 14



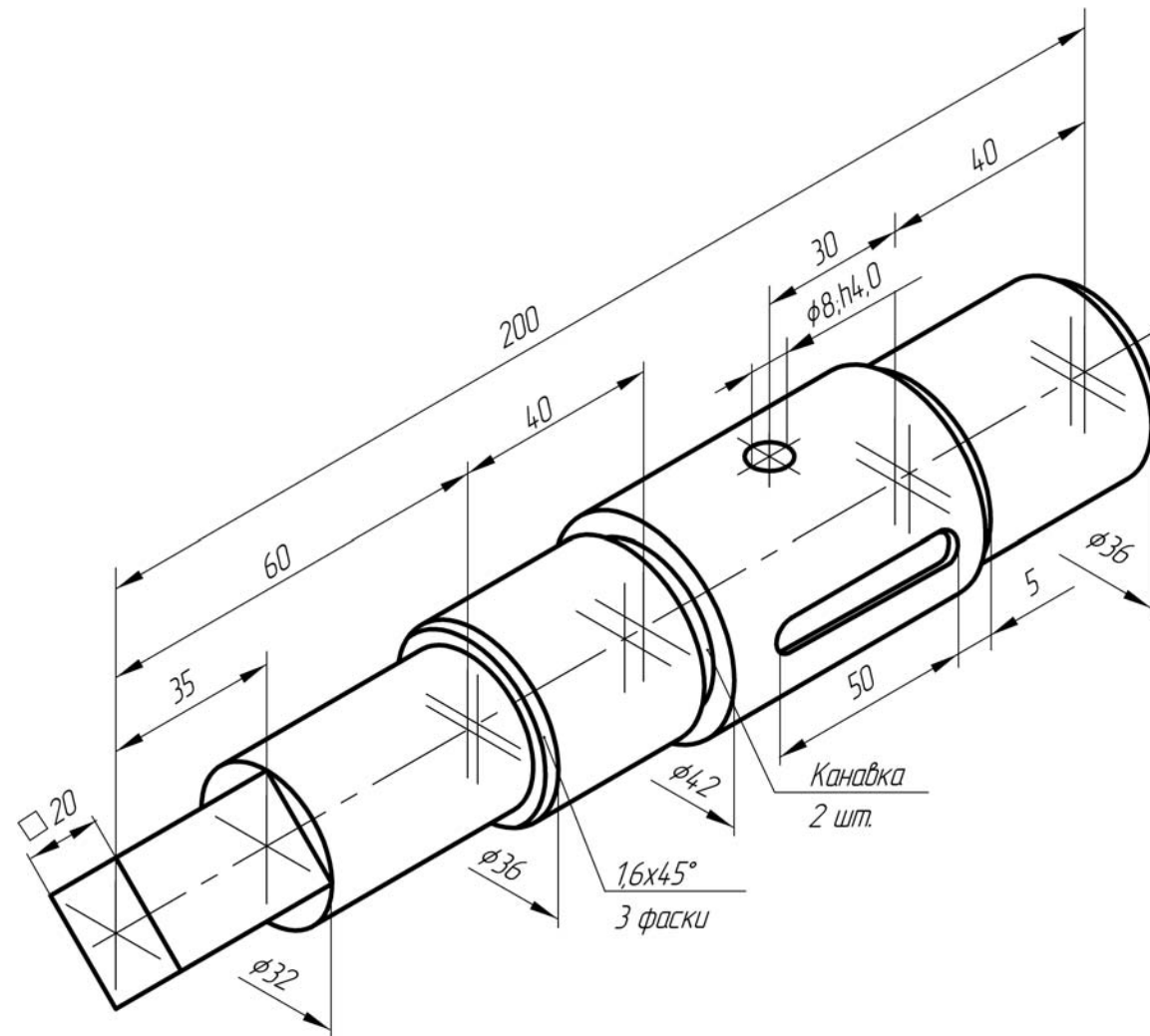
Вариант 15



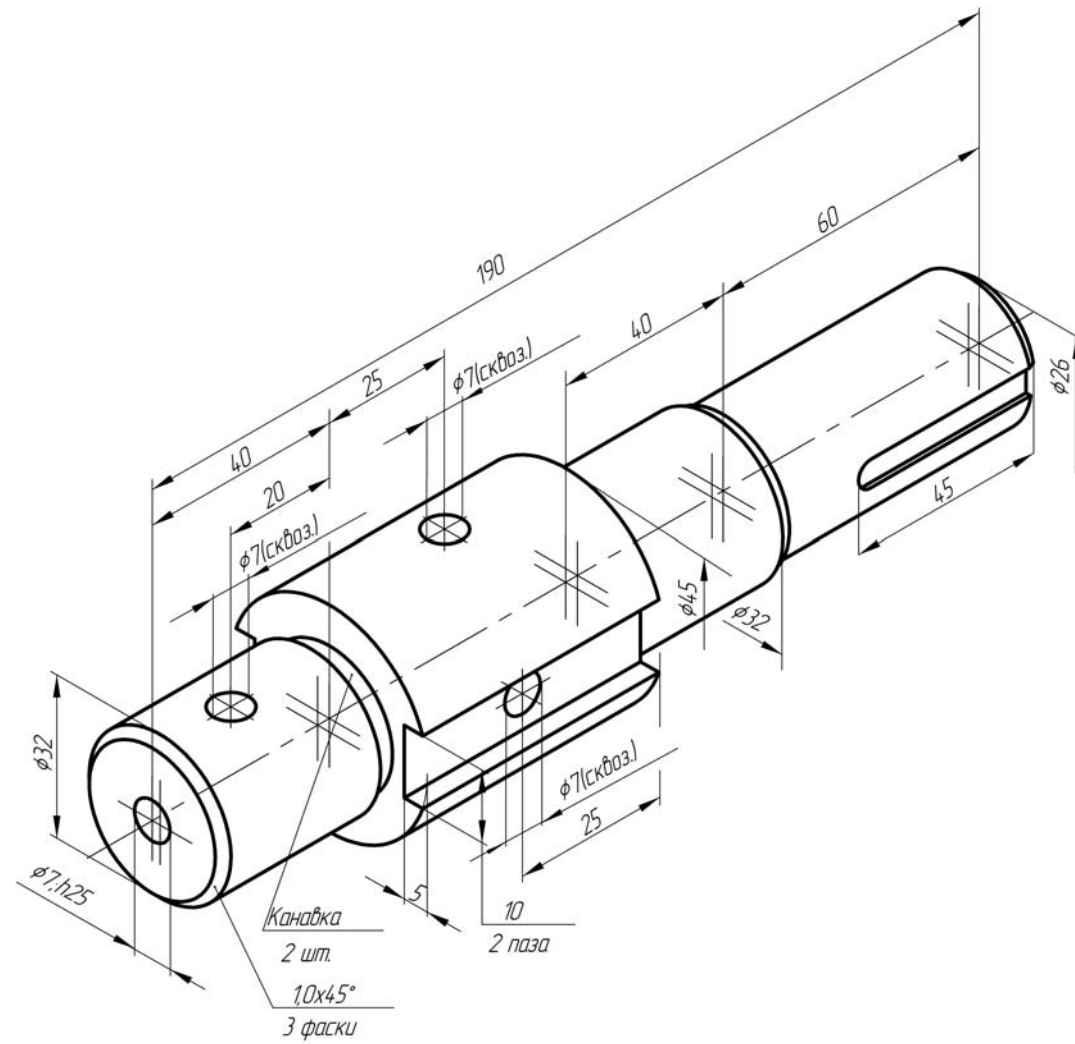
Вариант 16



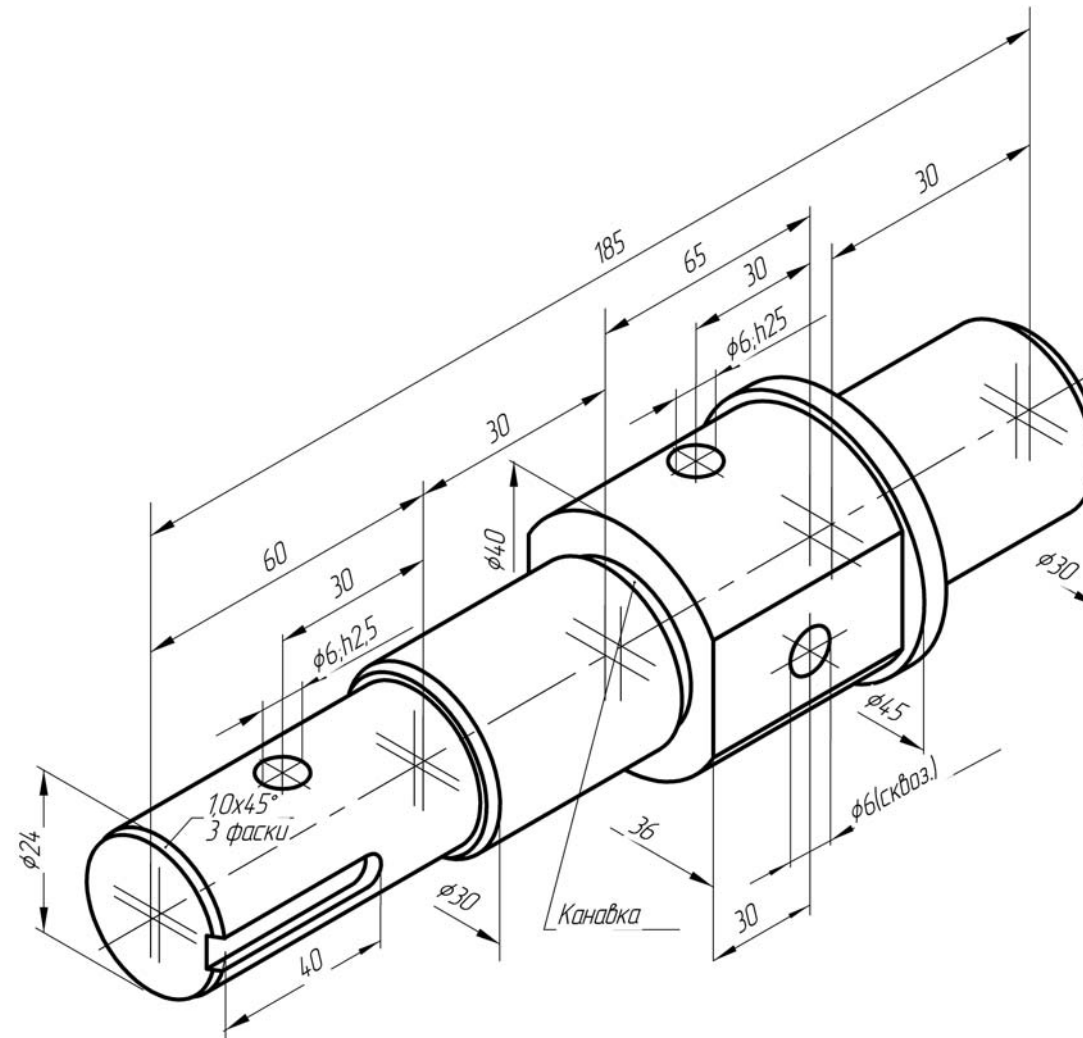
Вариант 17



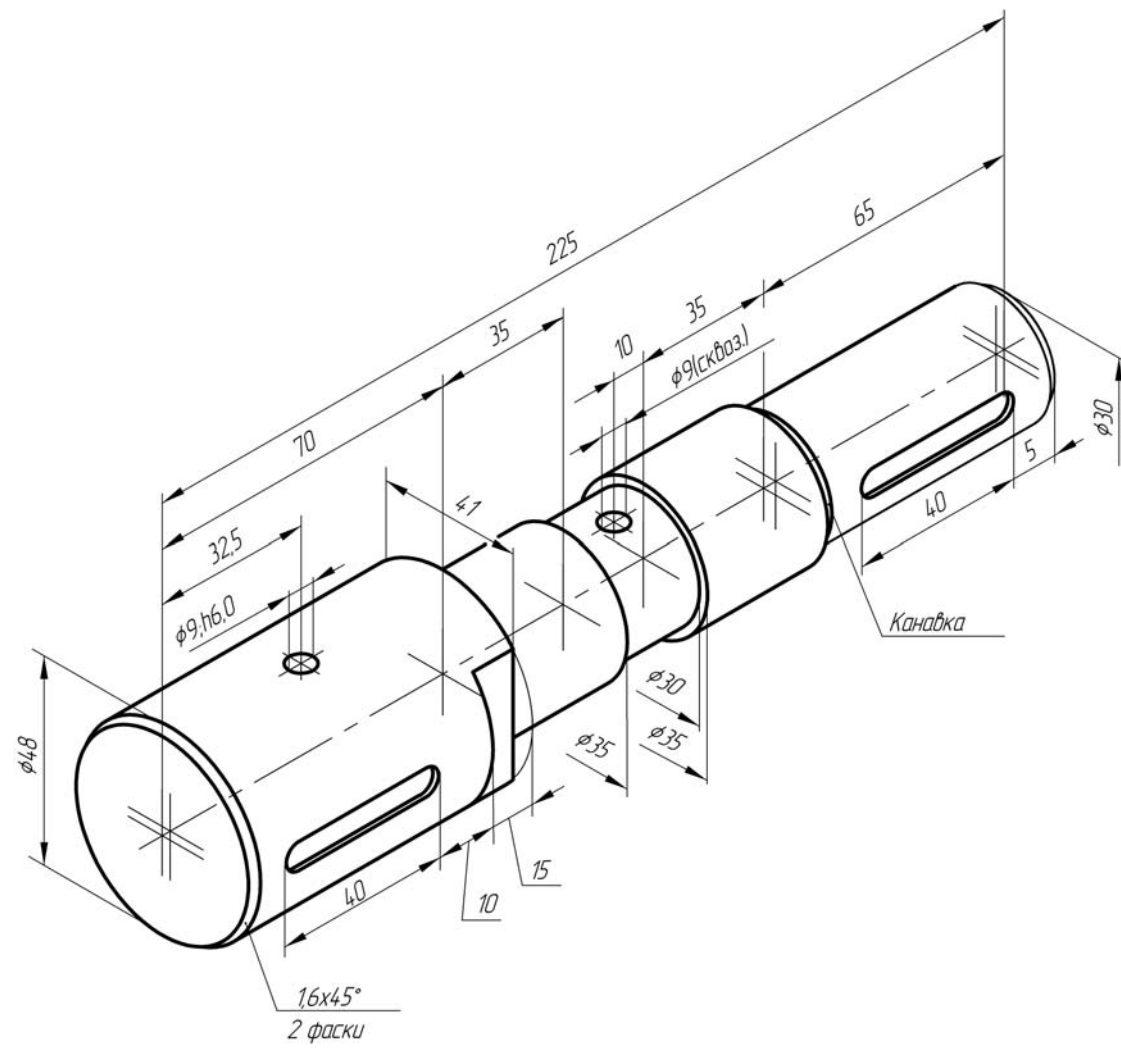
Вариант 18



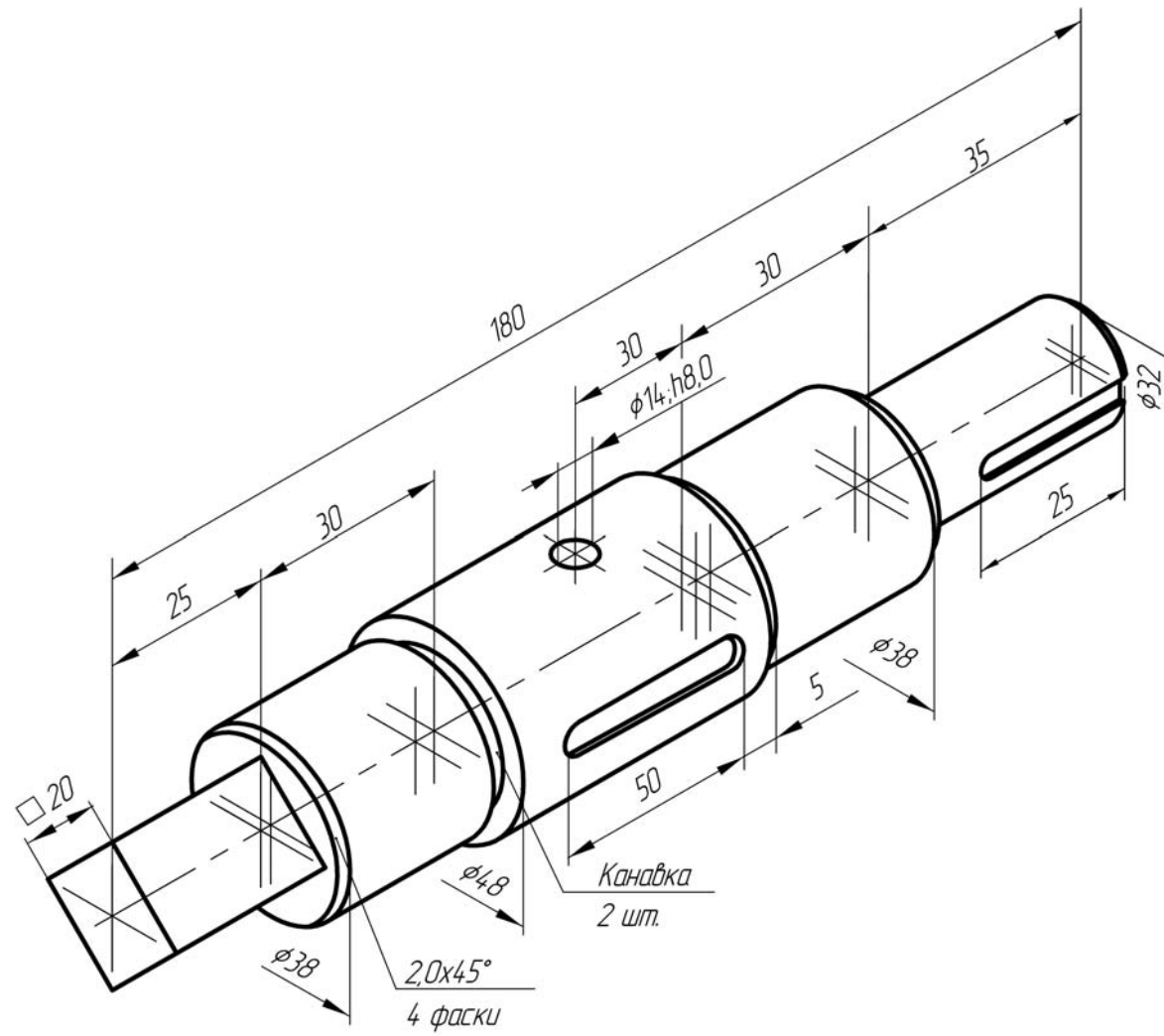
Вариант 19



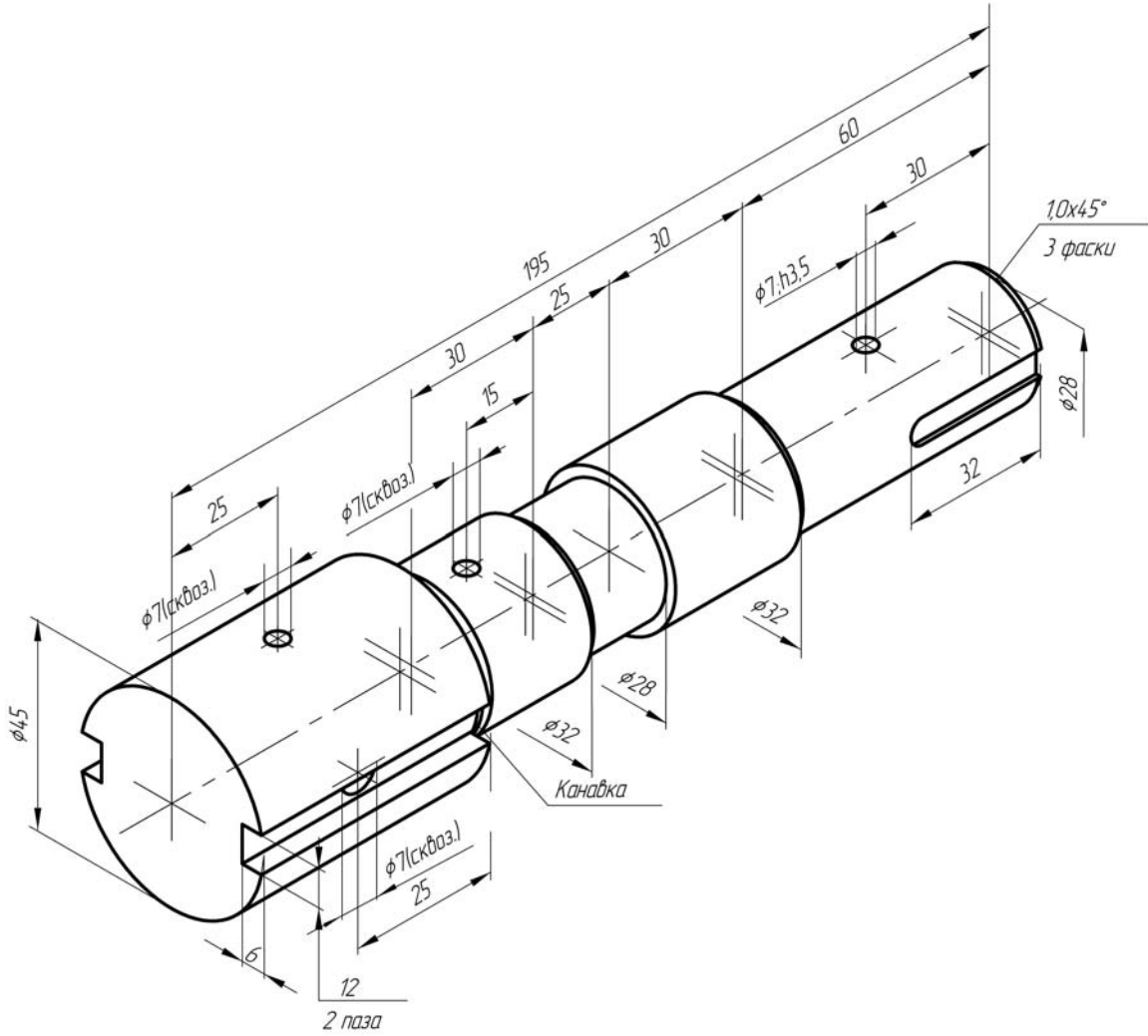
Вариант 20



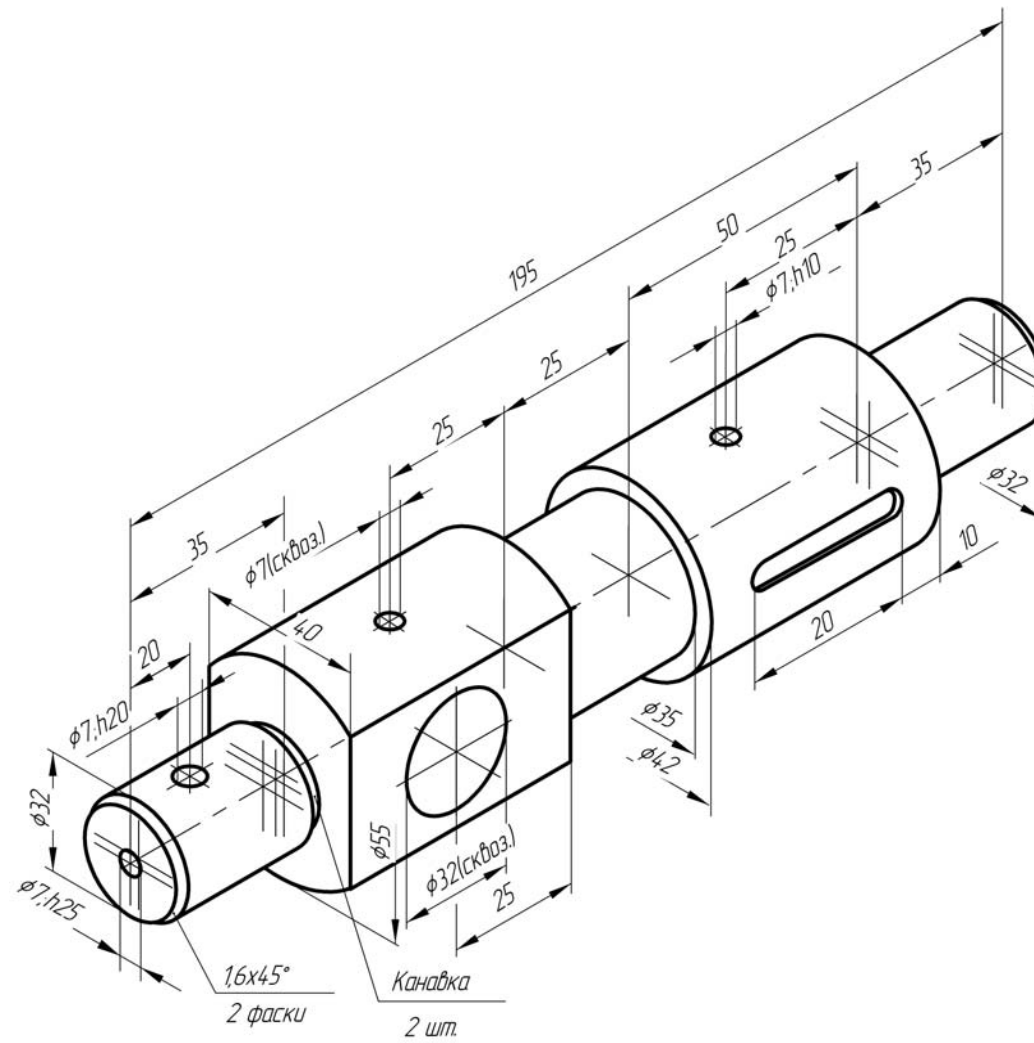
Вариант 21



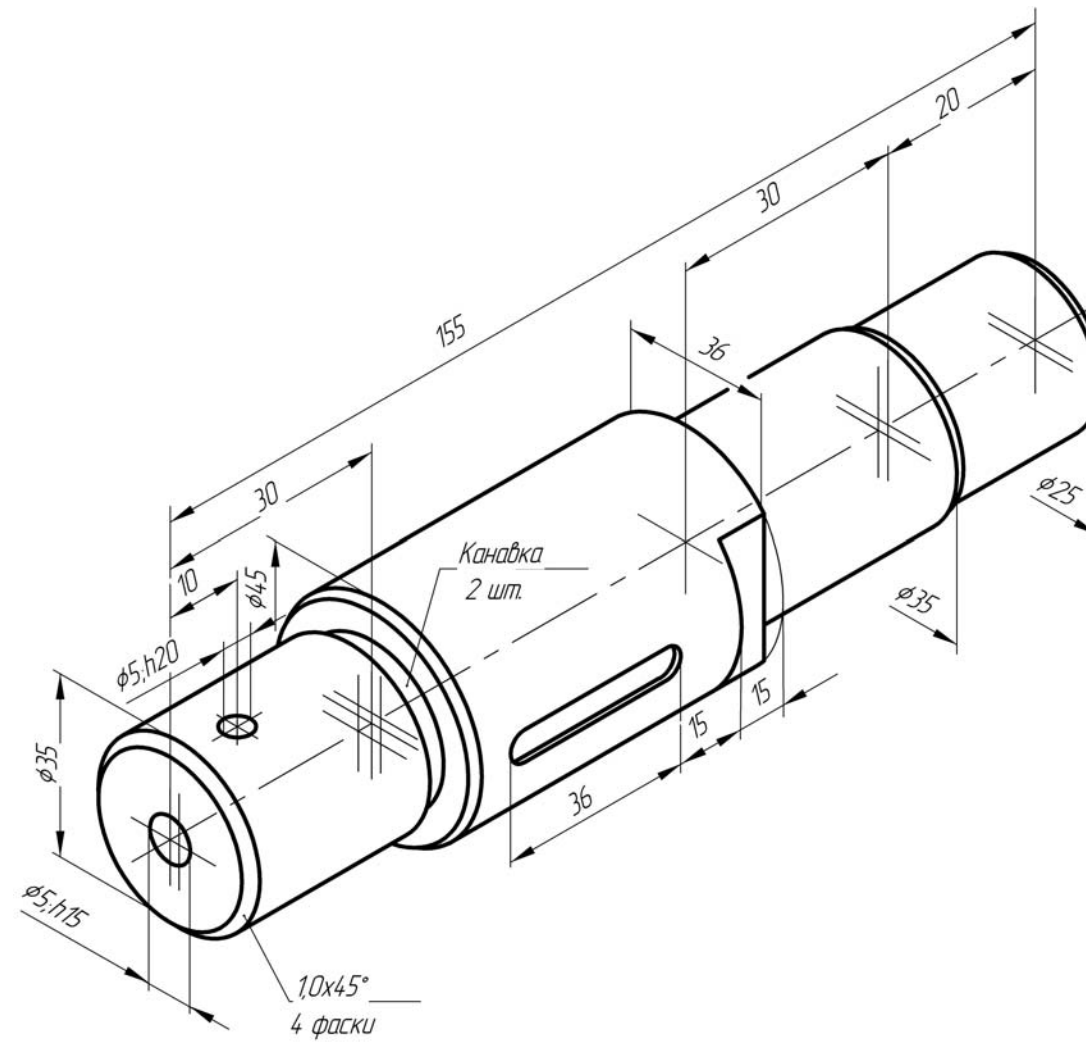
Вариант 22



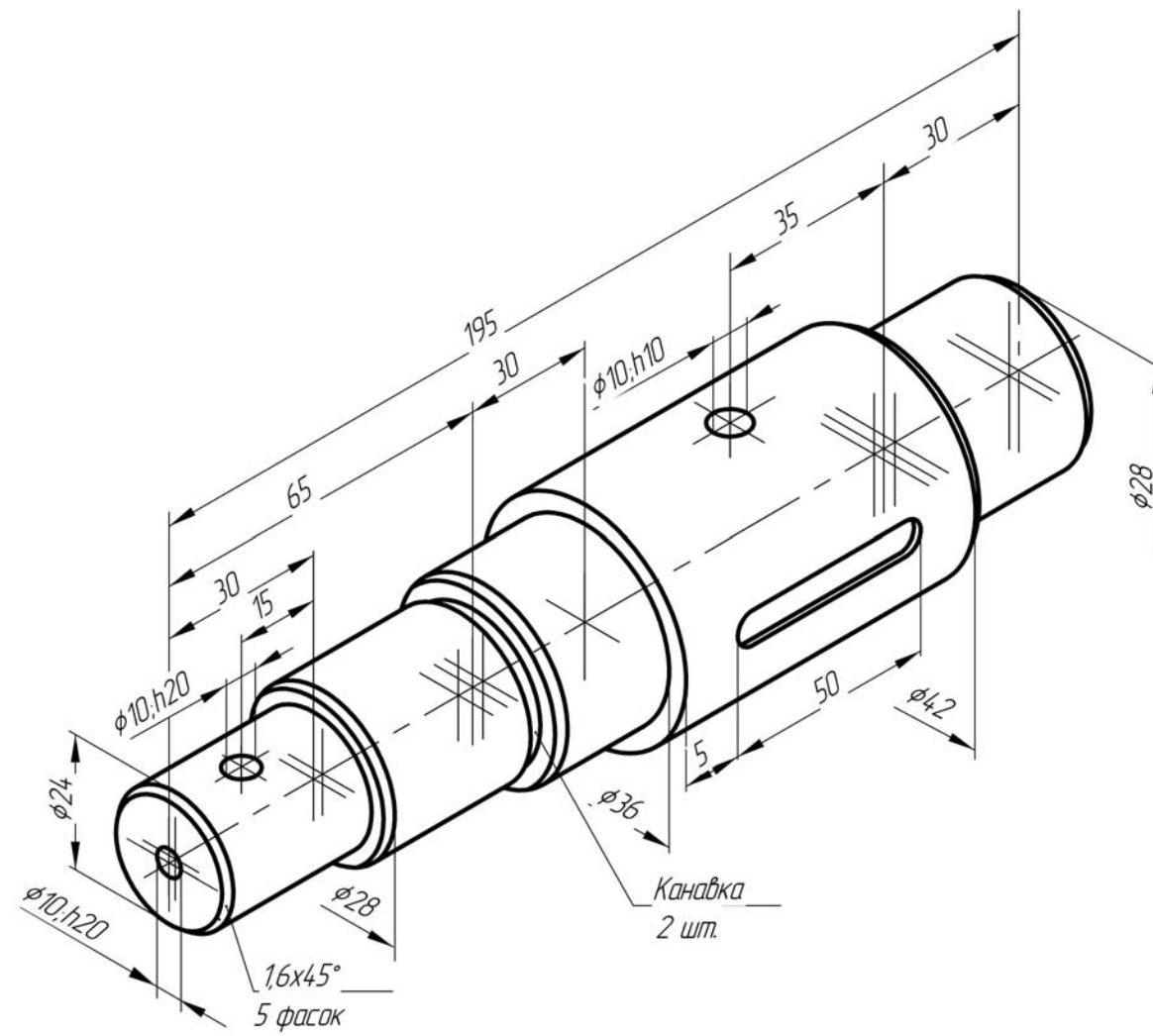
Вариант 23



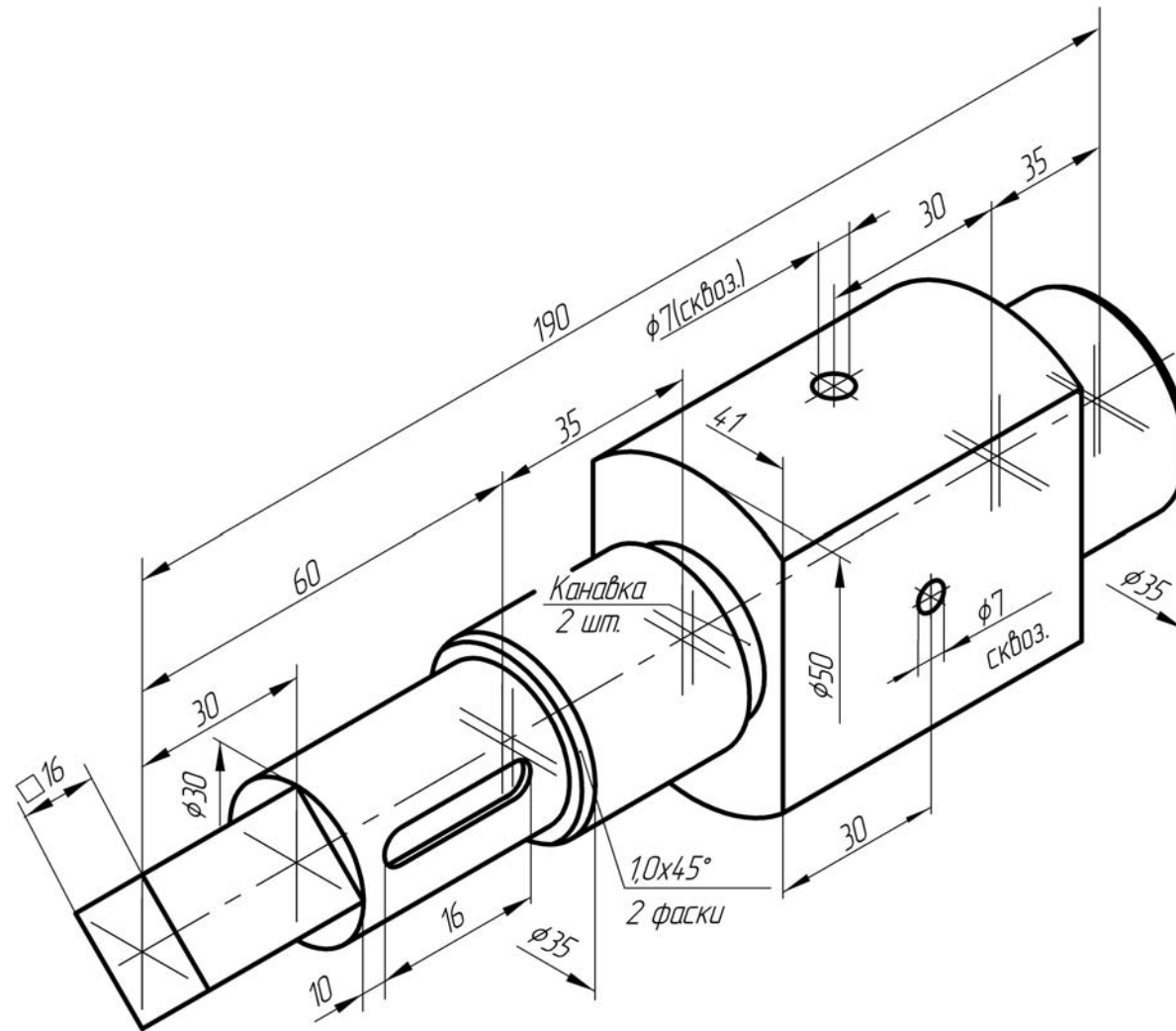
Вариант 24



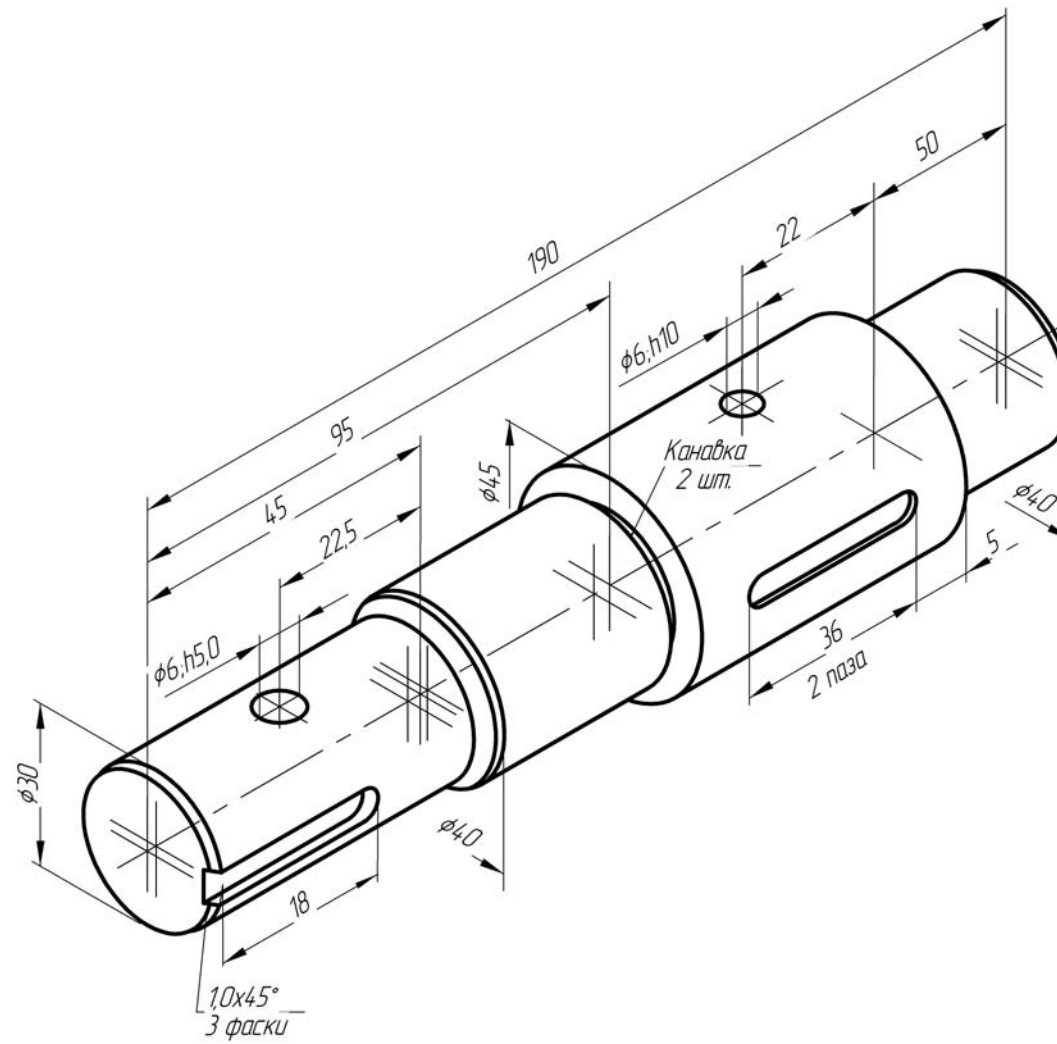
Вариант 25



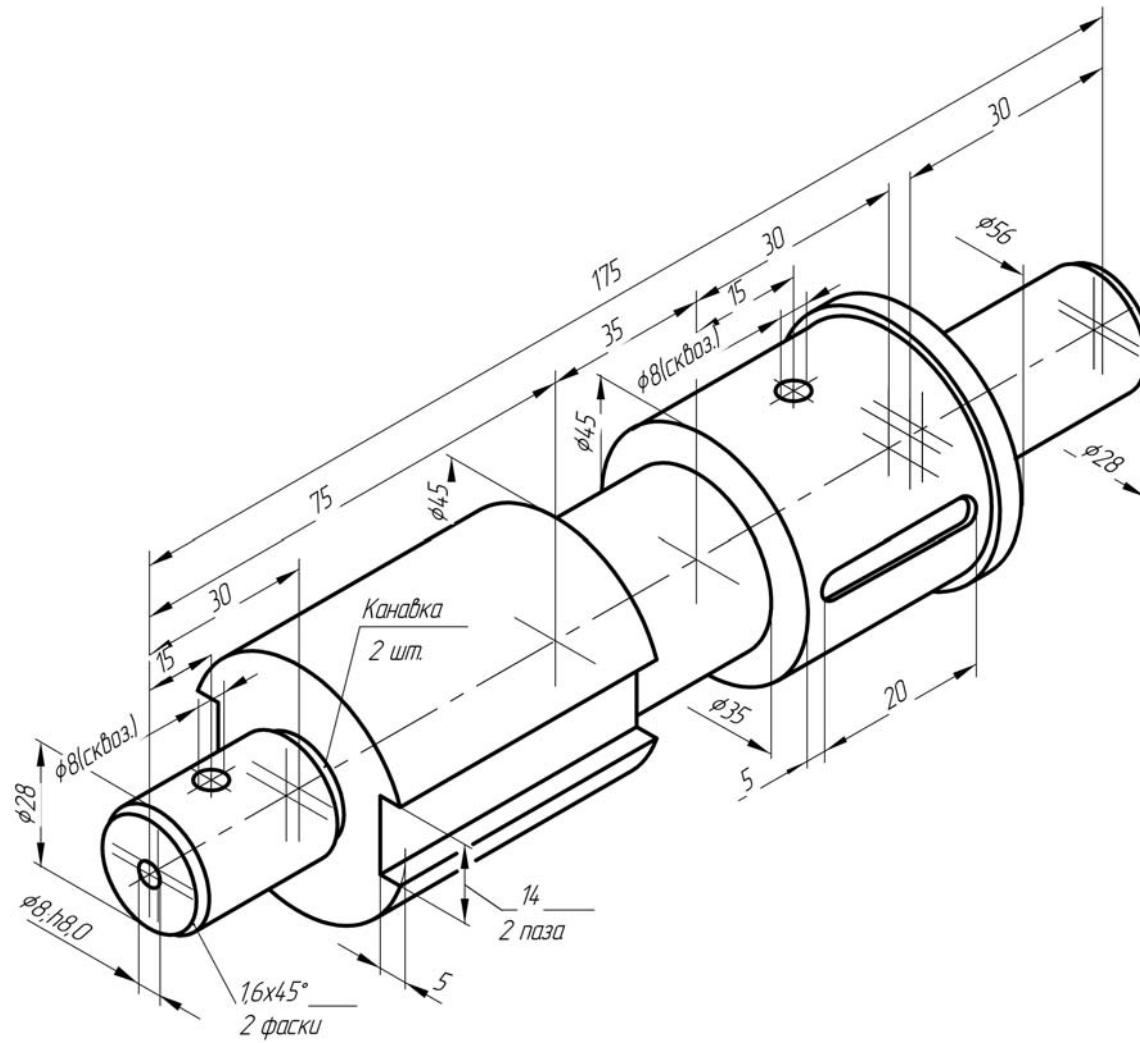
Вариант 26



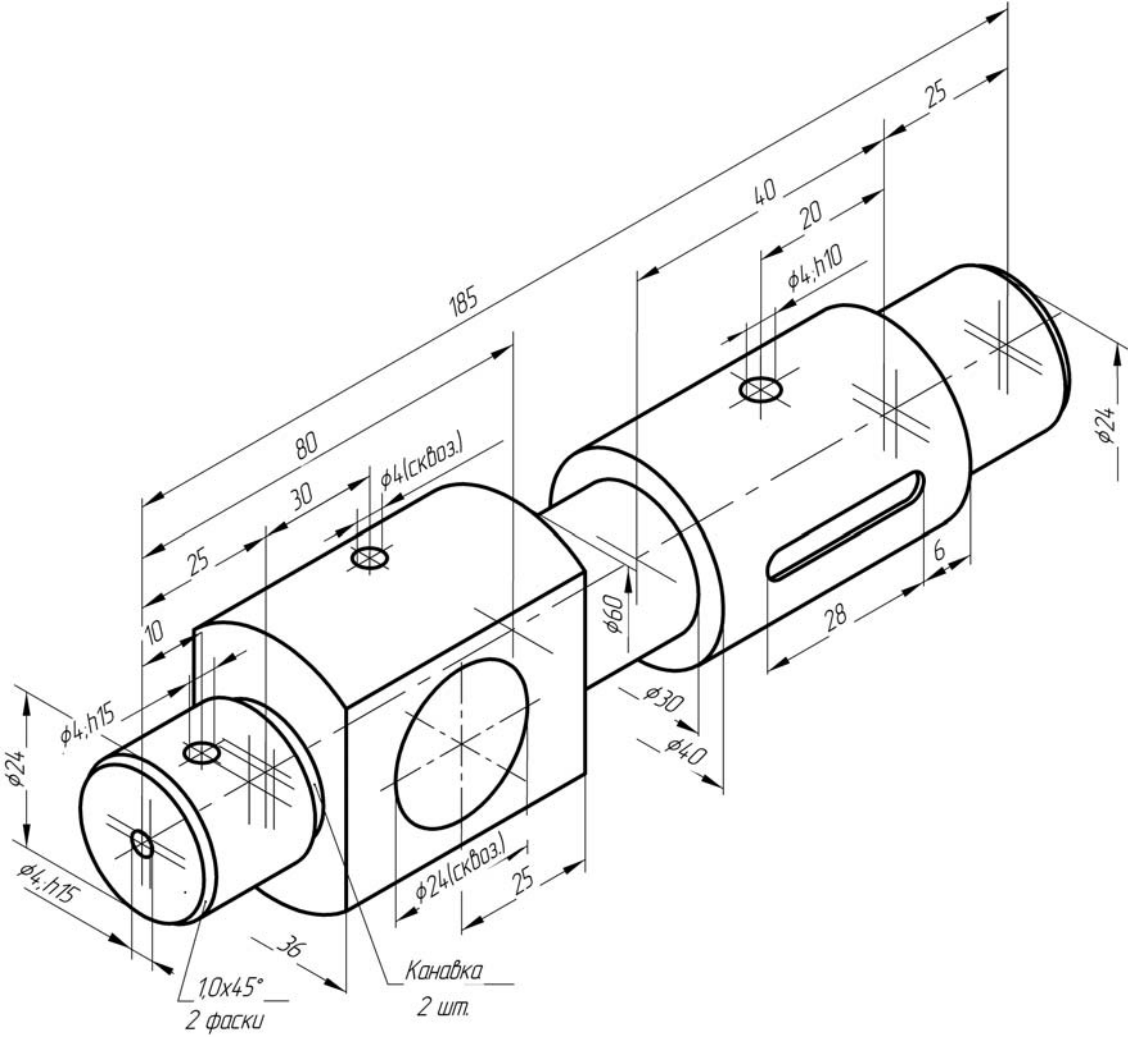
Вариант 27



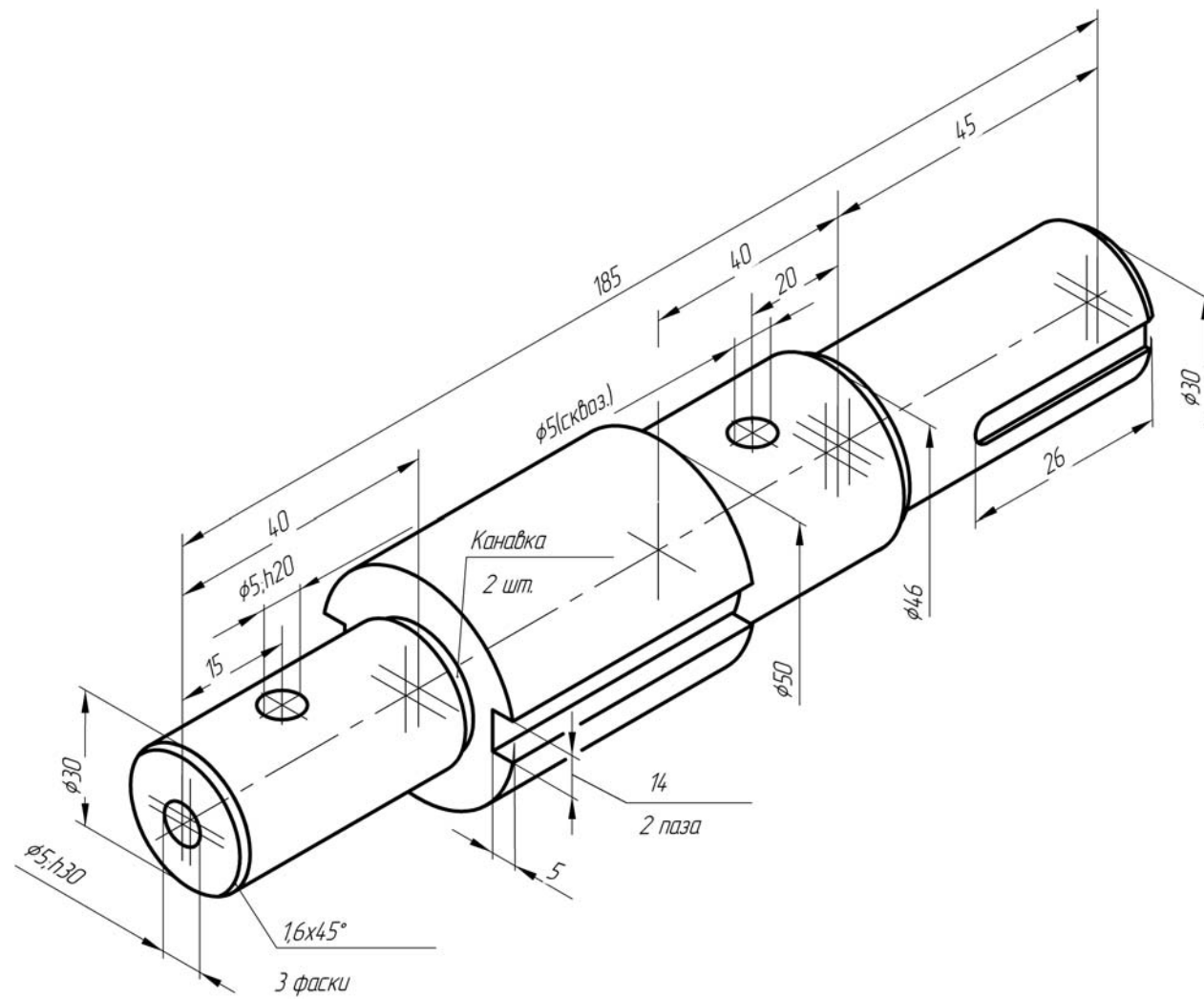
Вариант 28



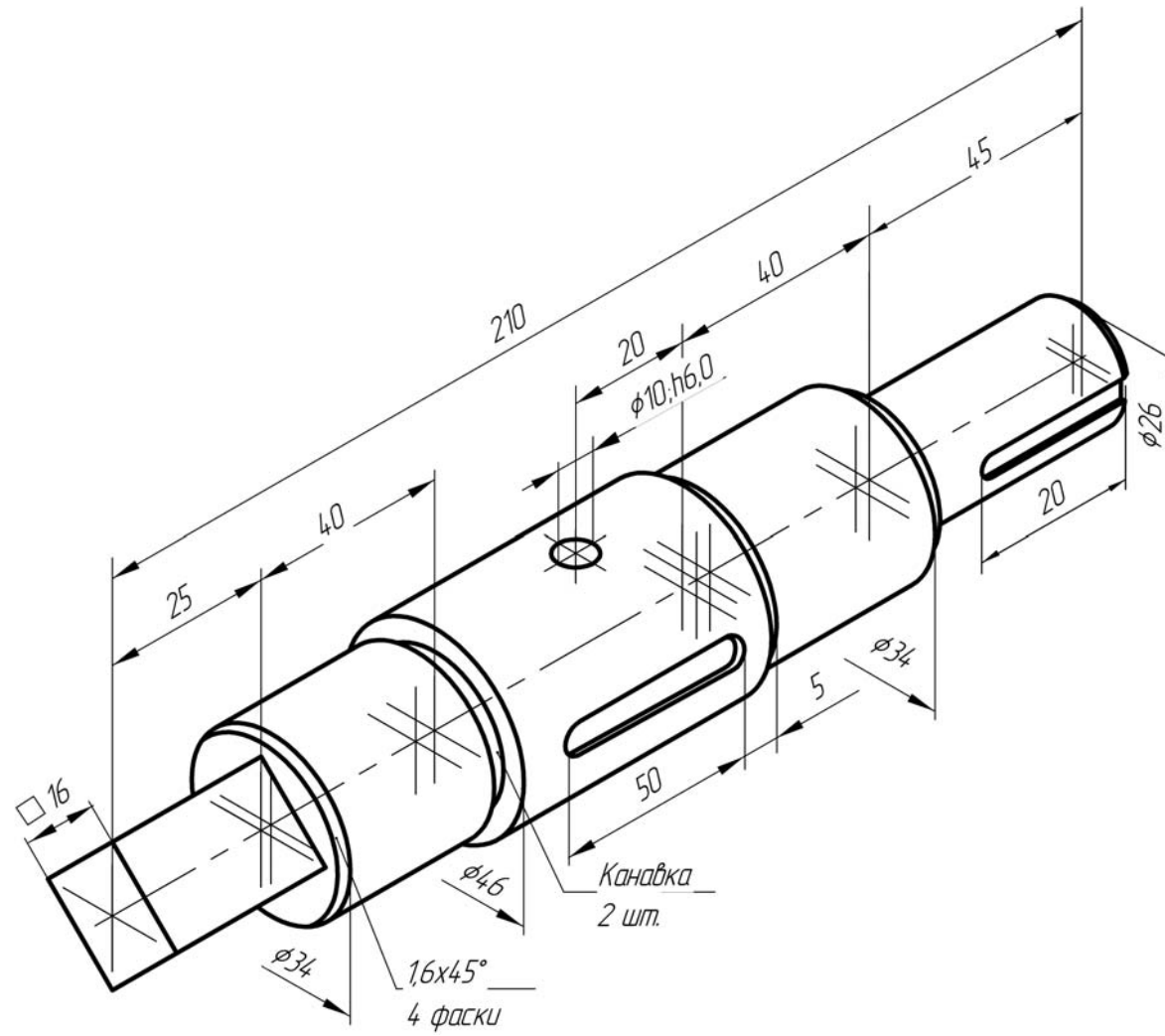
Вариант 29



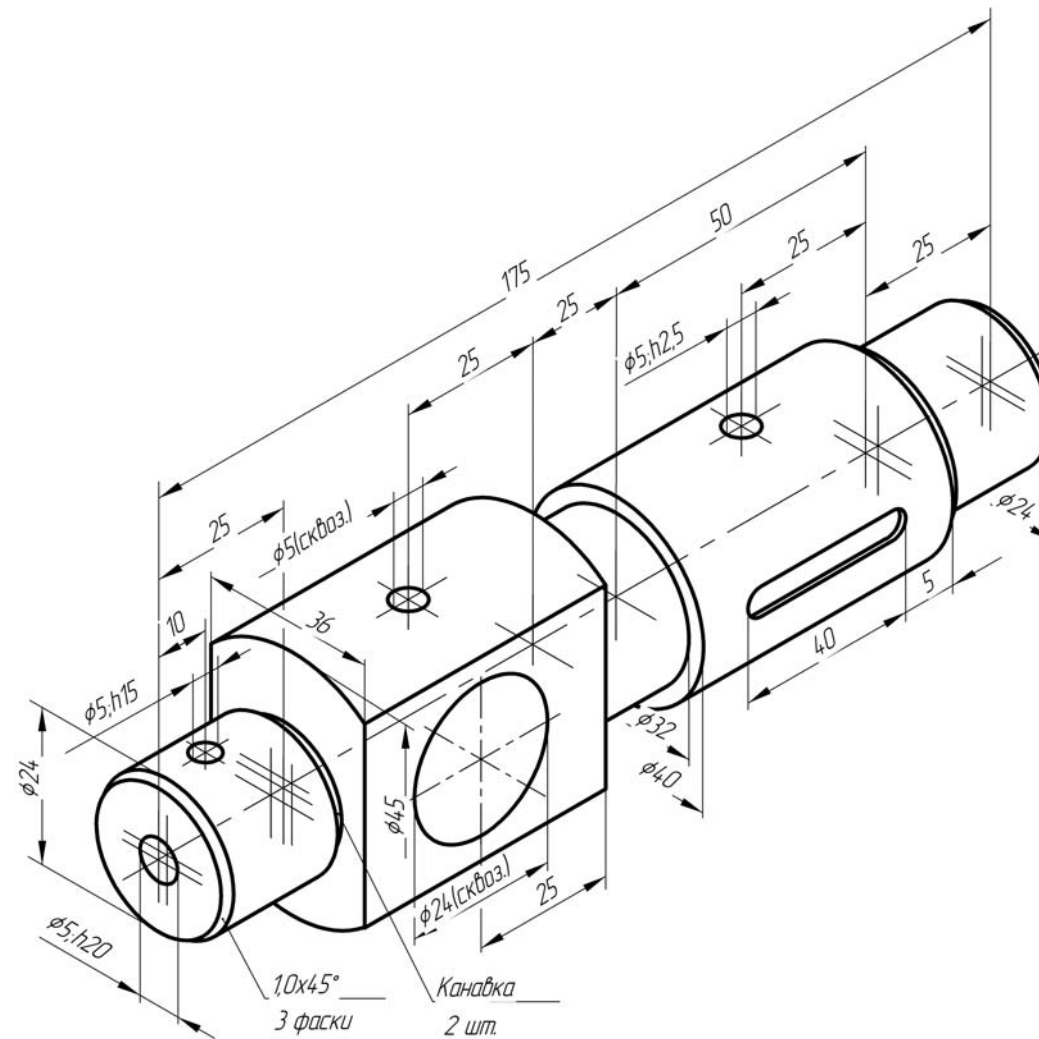
Вариант 30



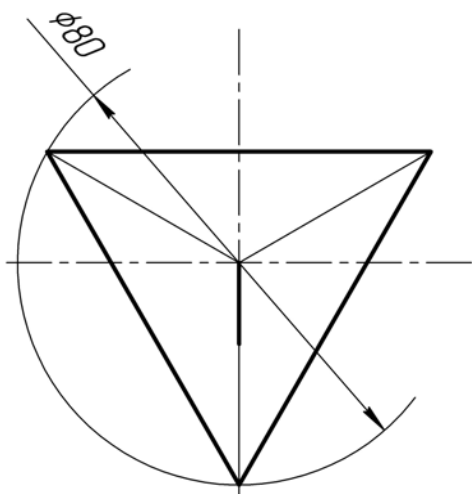
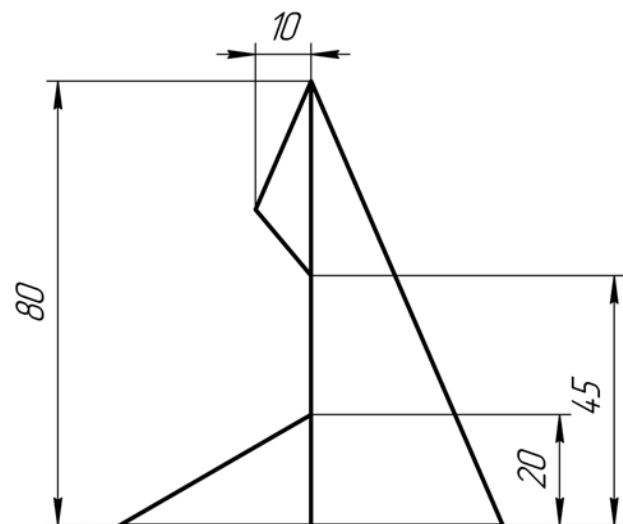
Вариант 31



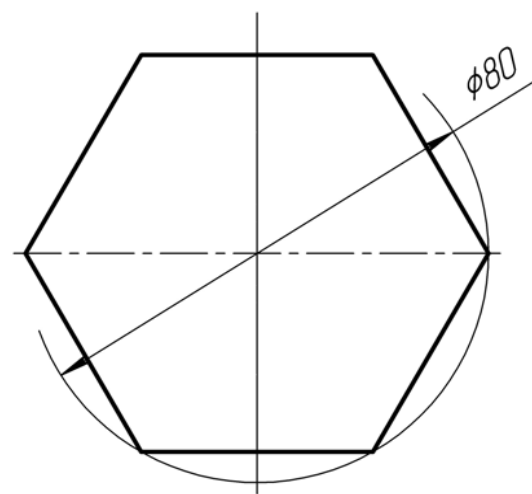
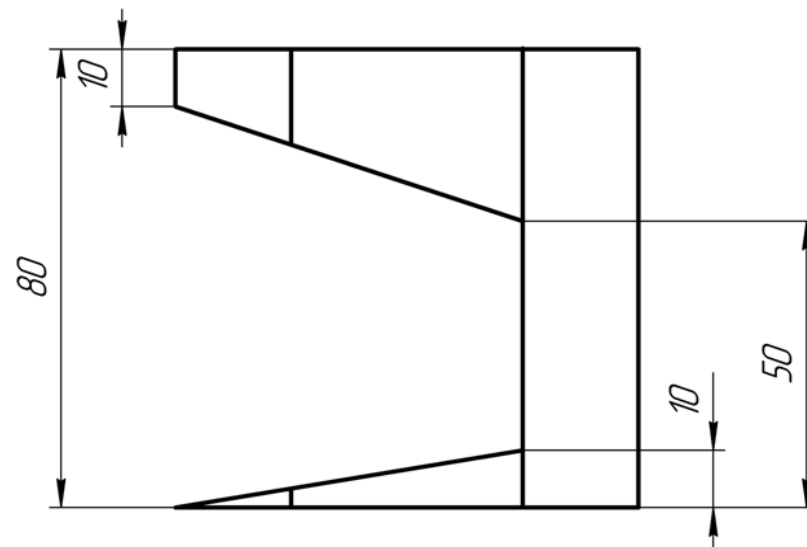
Вариант 32



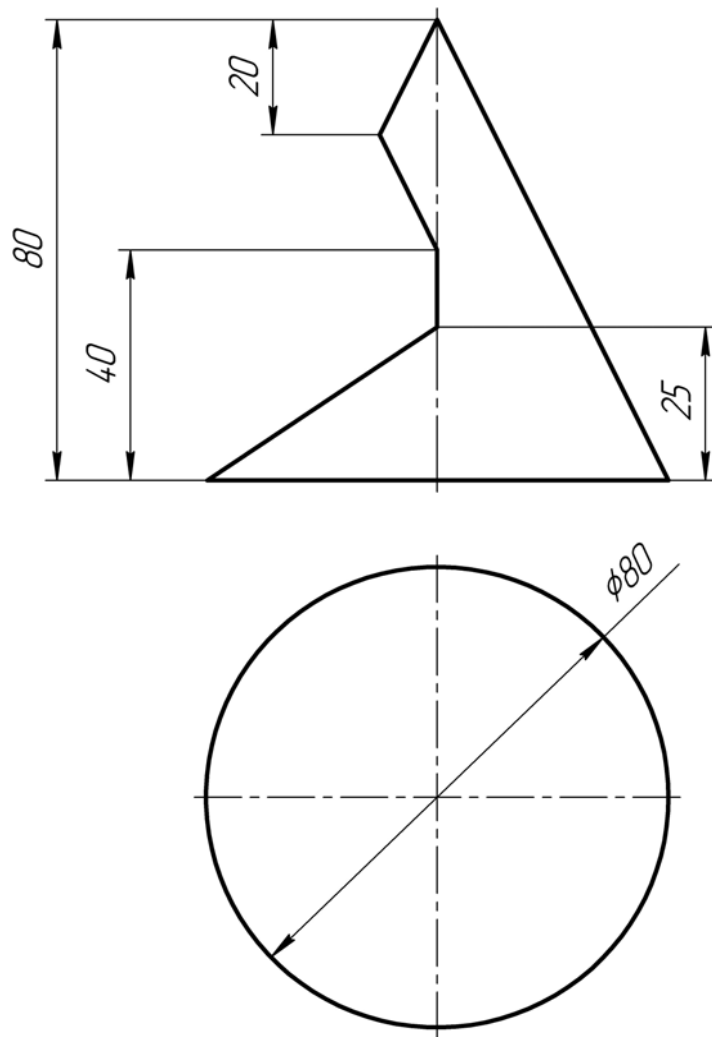
Вариант 1



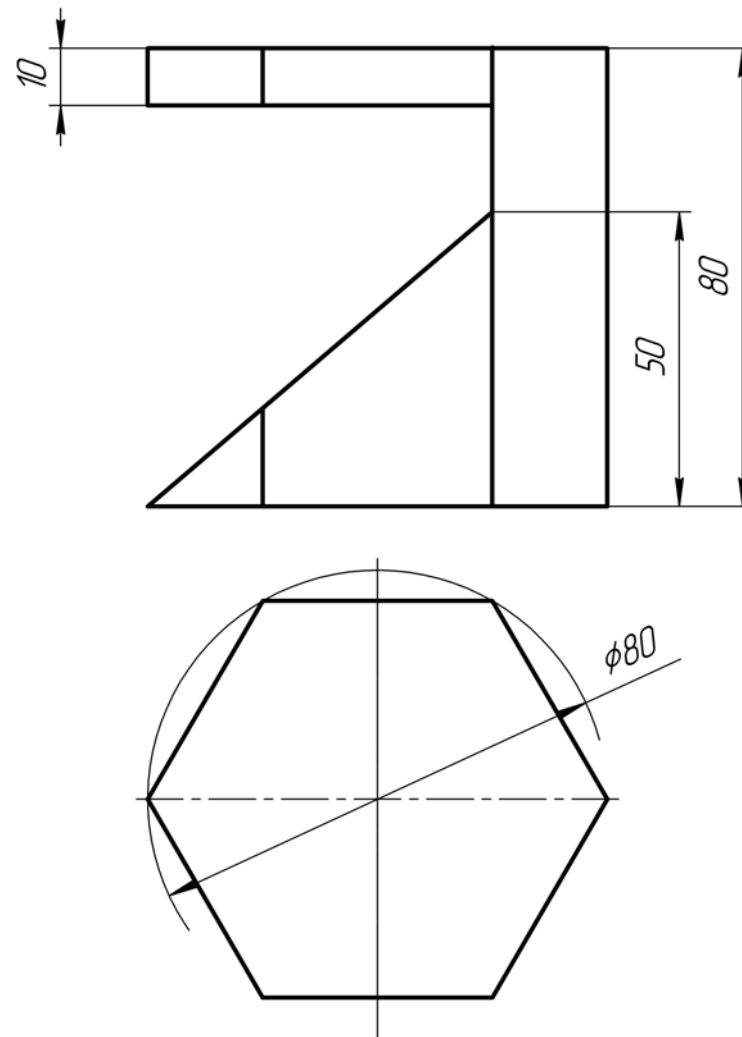
Вариант 2



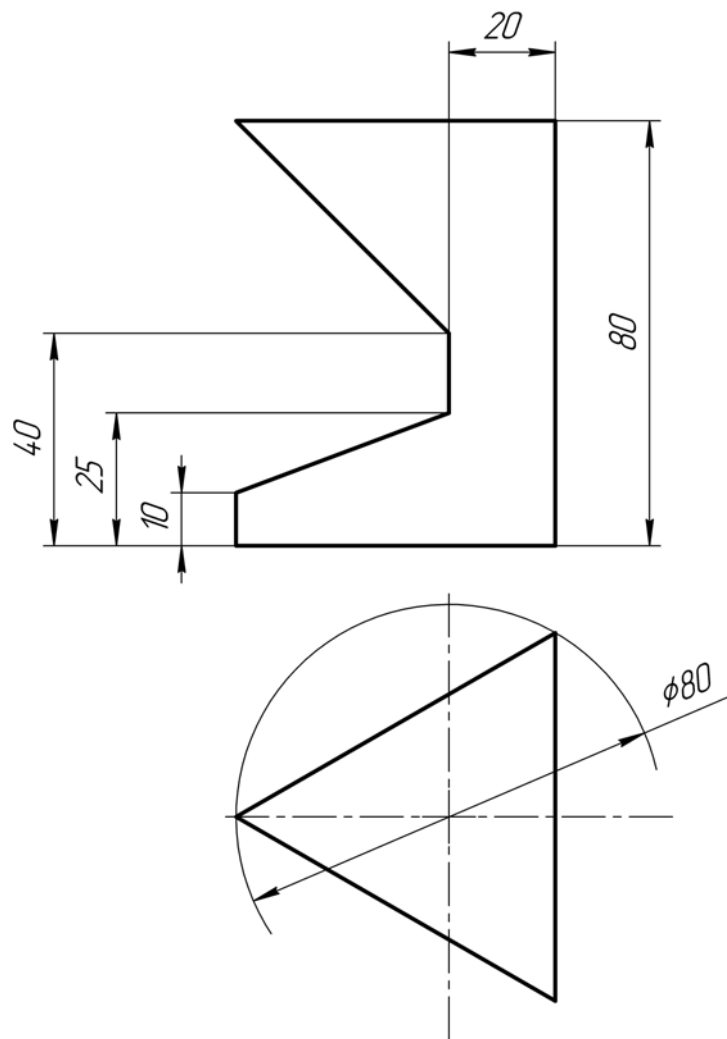
Вариант 3



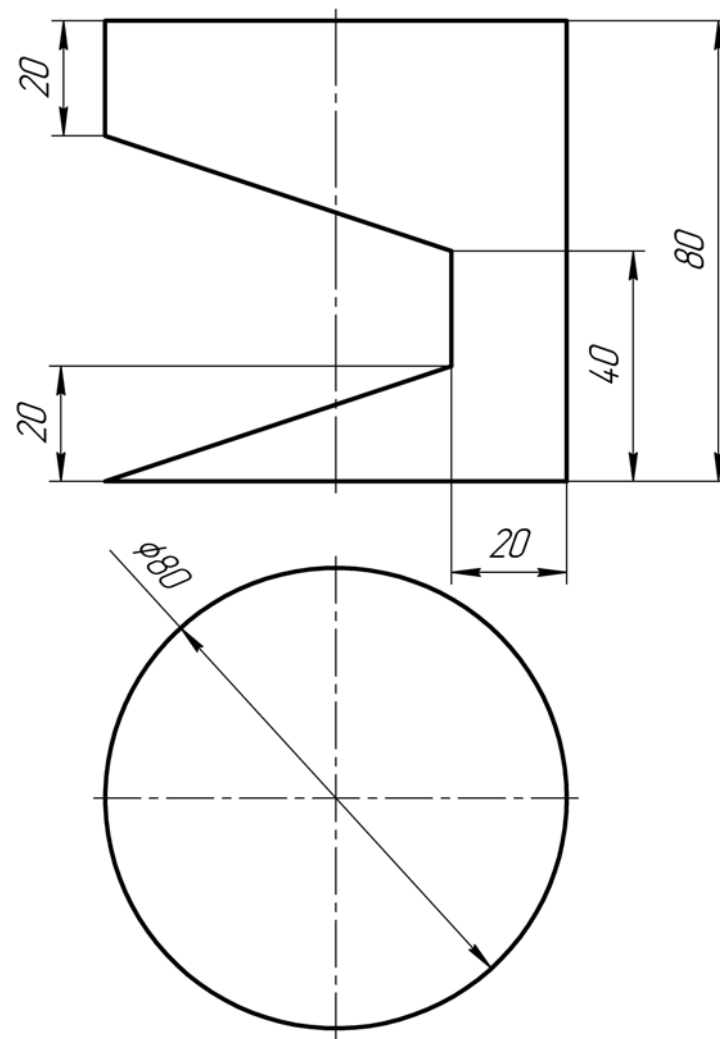
Вариант 4



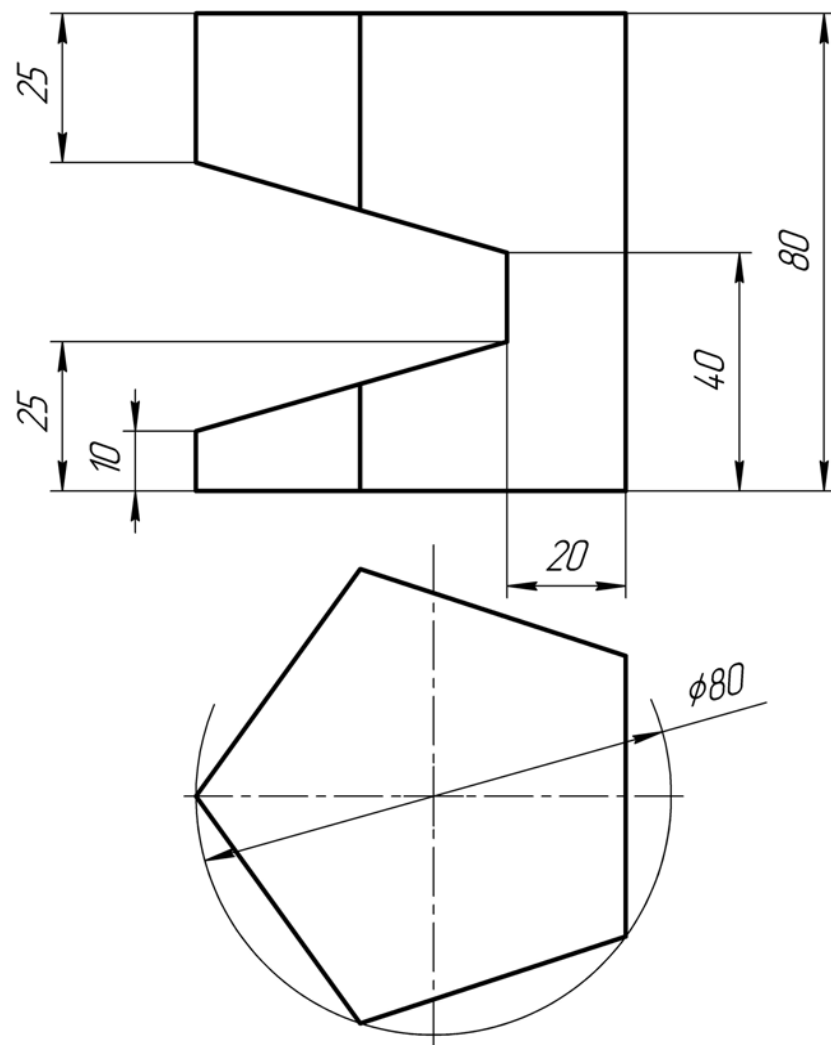
Вариант 5



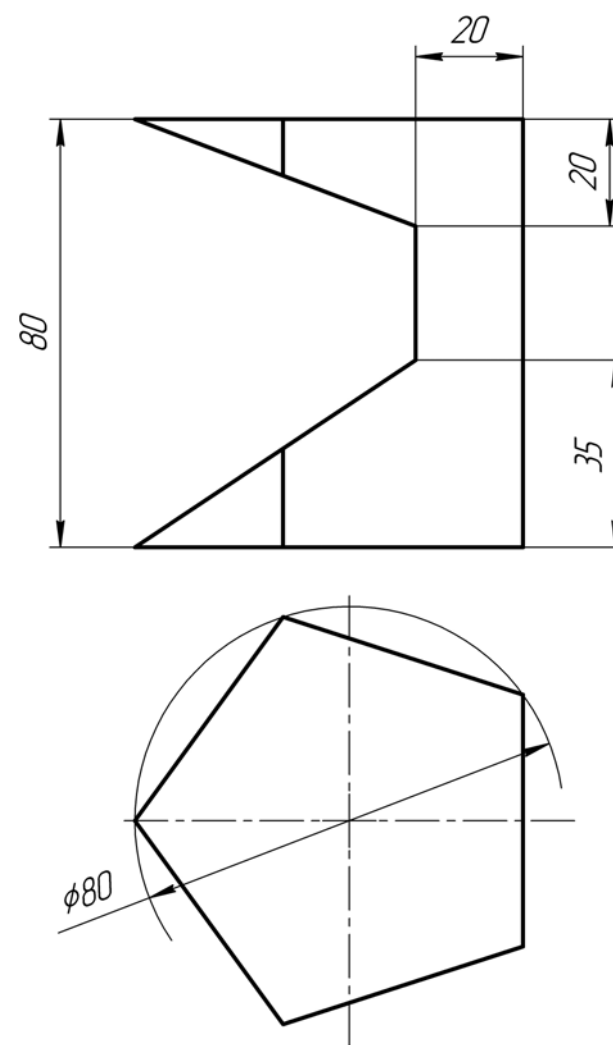
Вариант 6



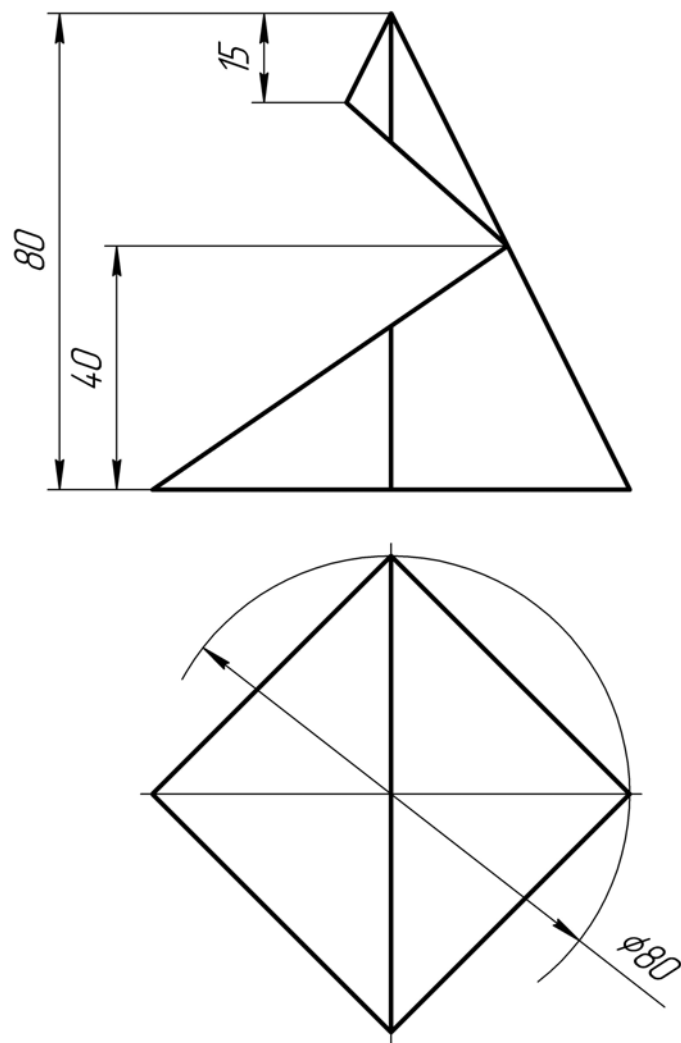
Вариант 7



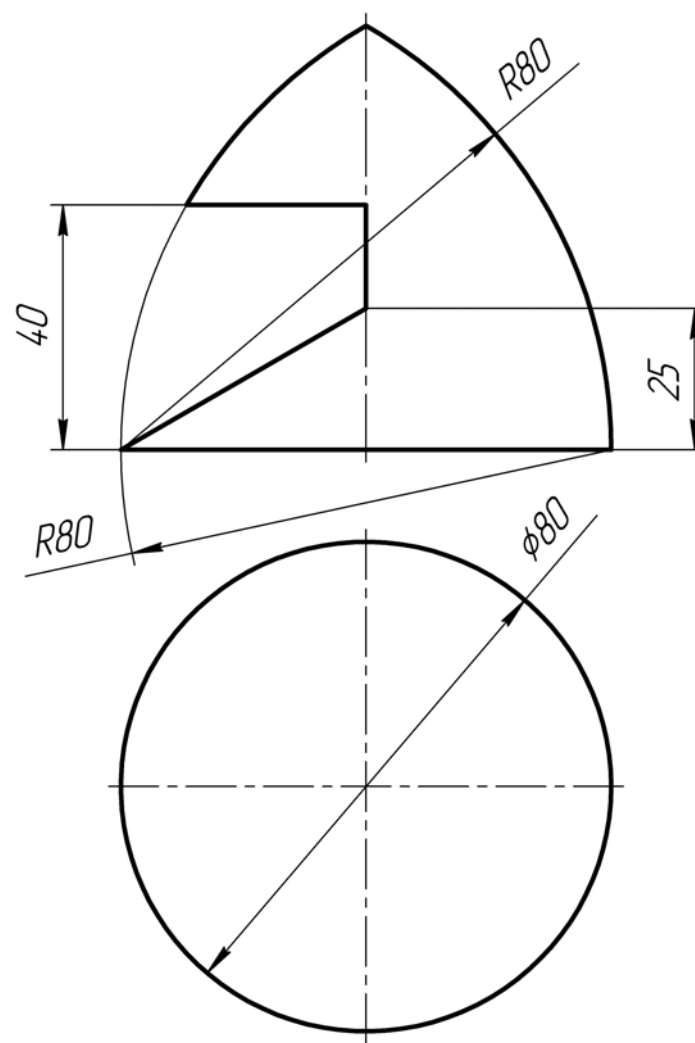
Вариант 8



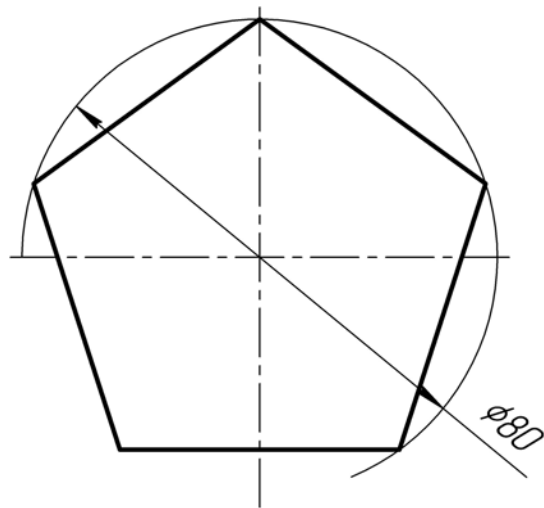
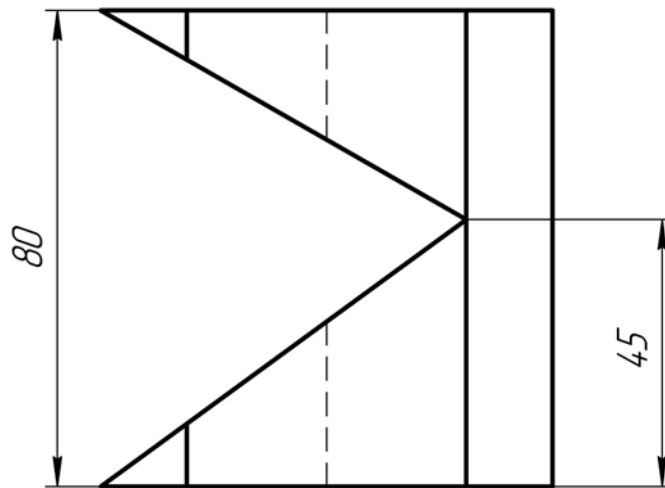
Вариант 9



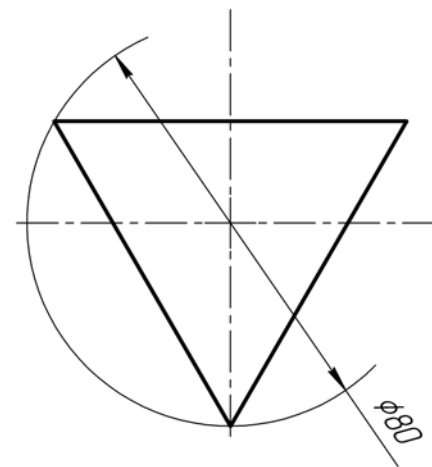
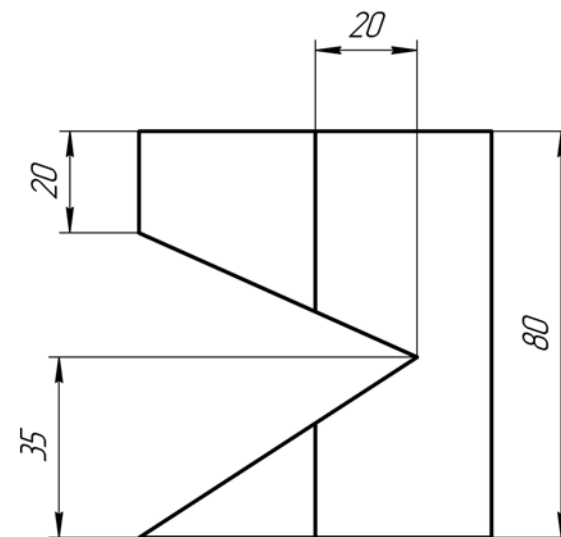
Вариант 10



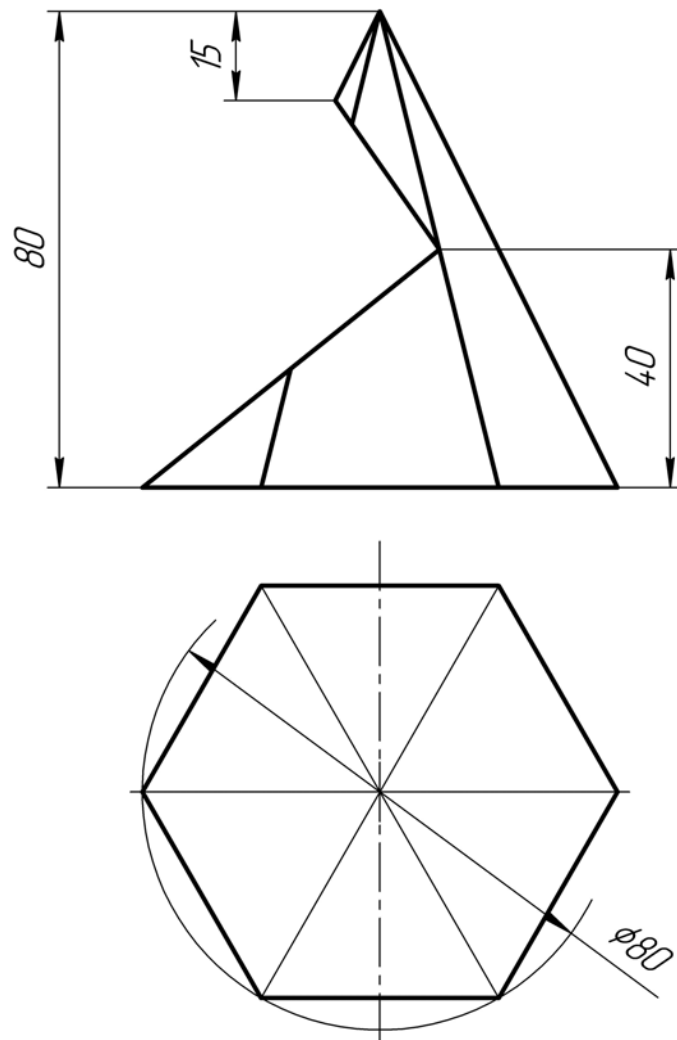
Вариант 11



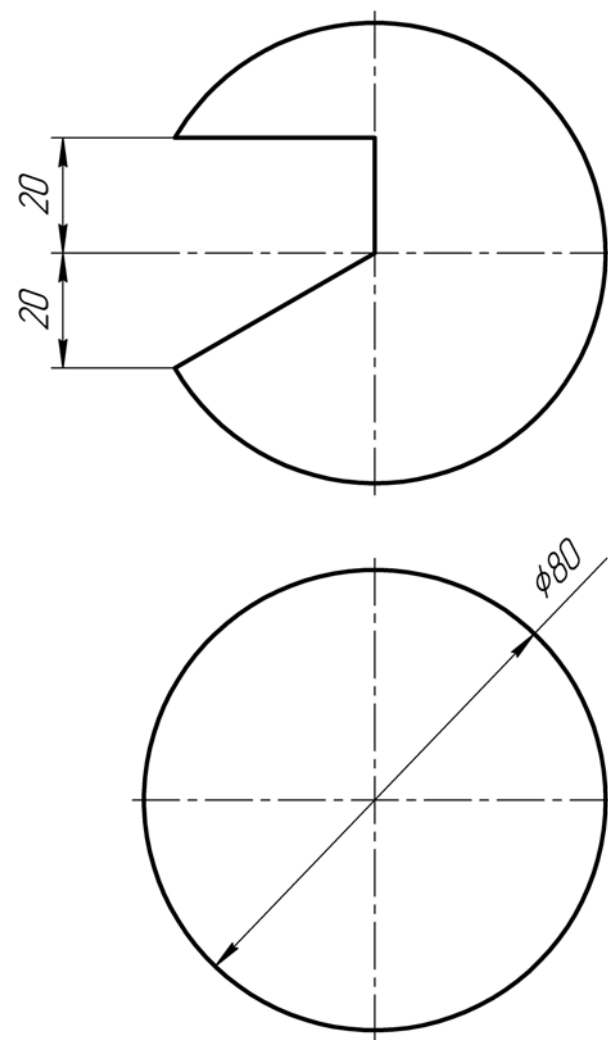
Вариант 12



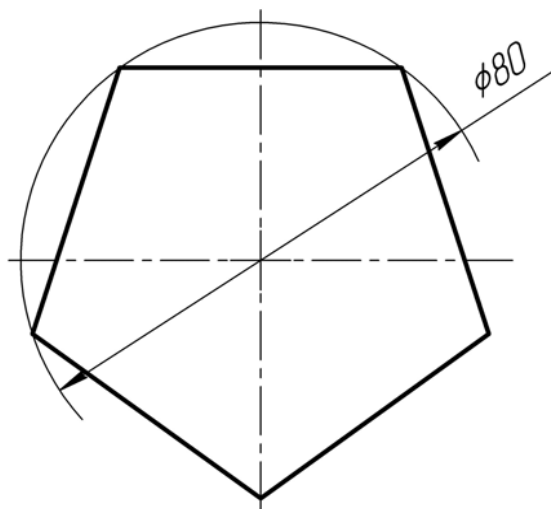
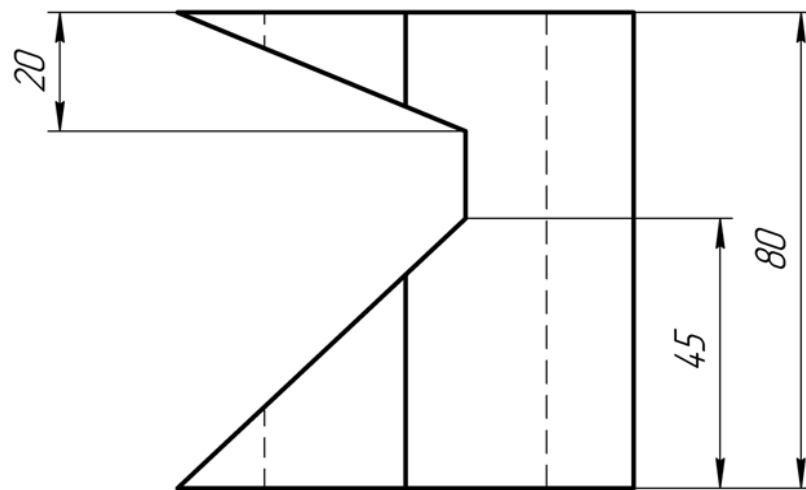
Вариант 13



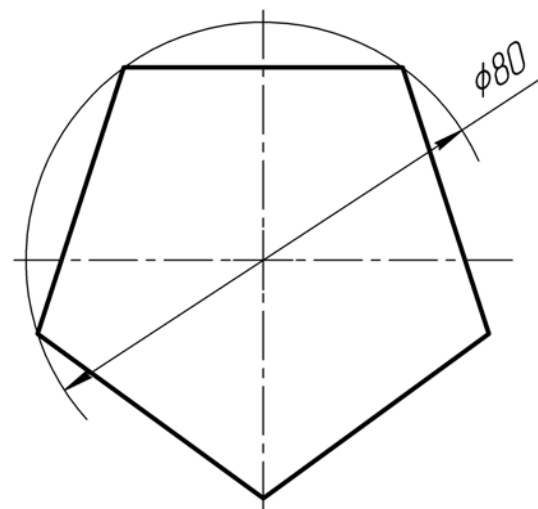
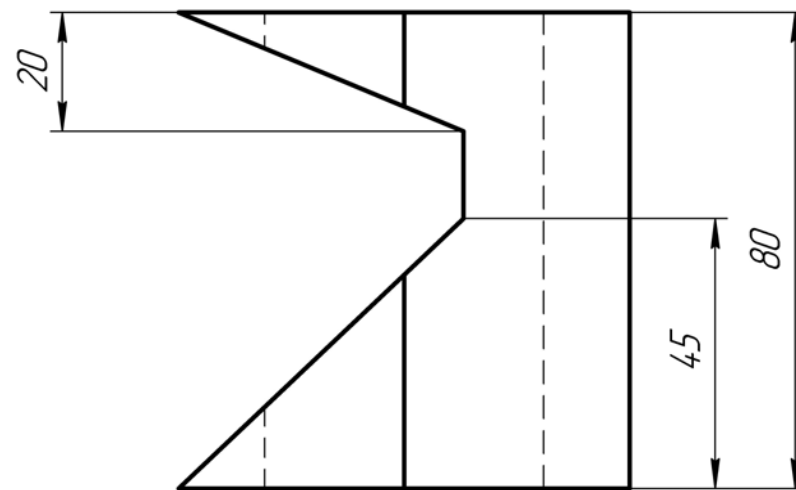
Вариант 14



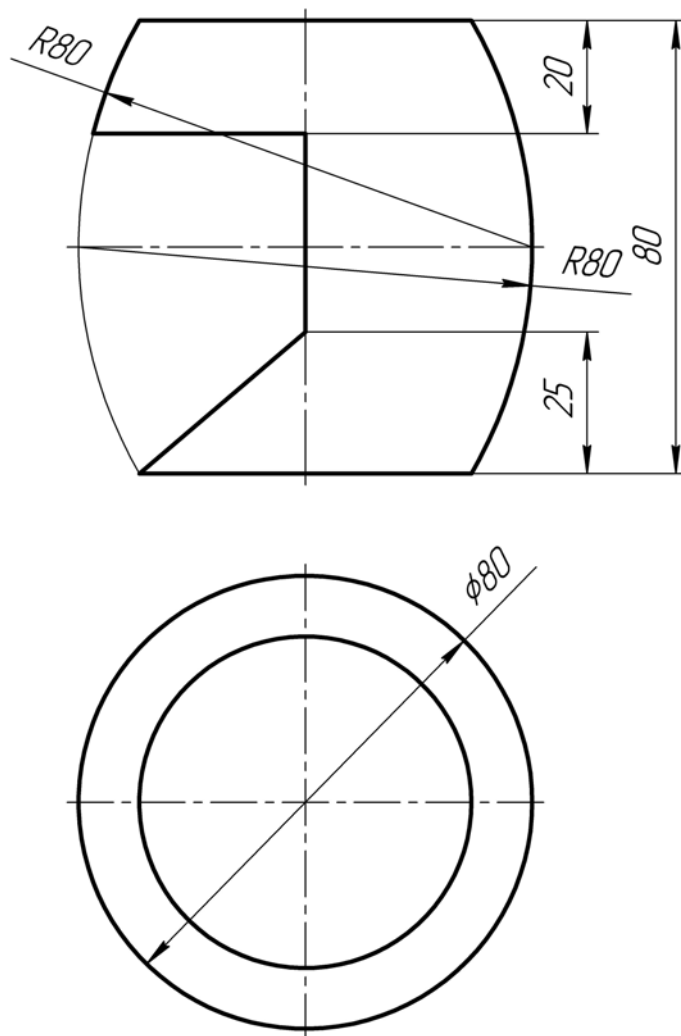
Вариант 15



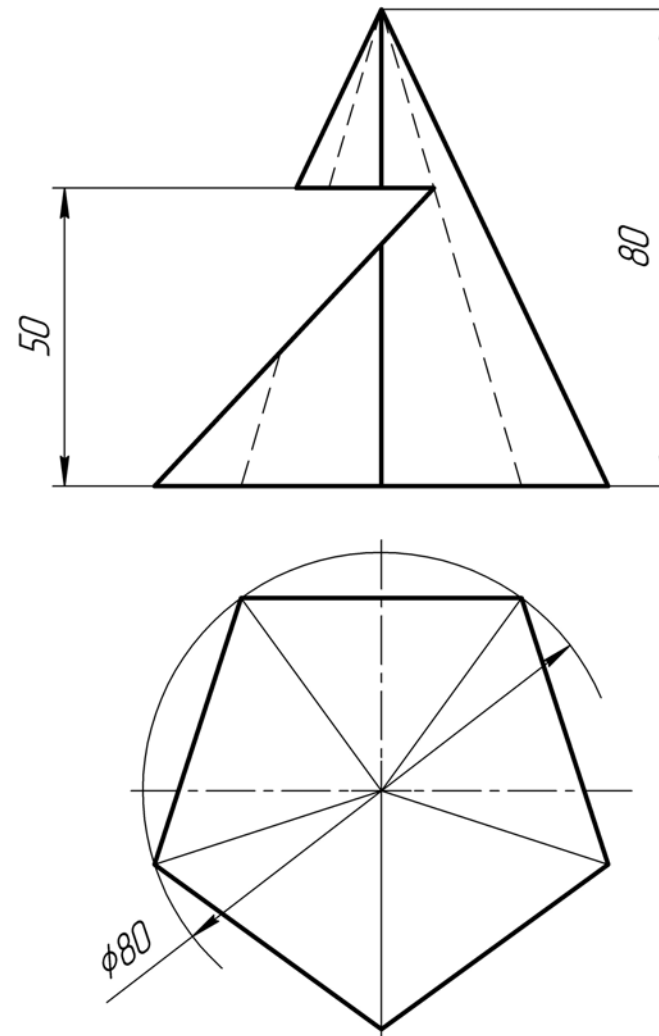
Вариант 16



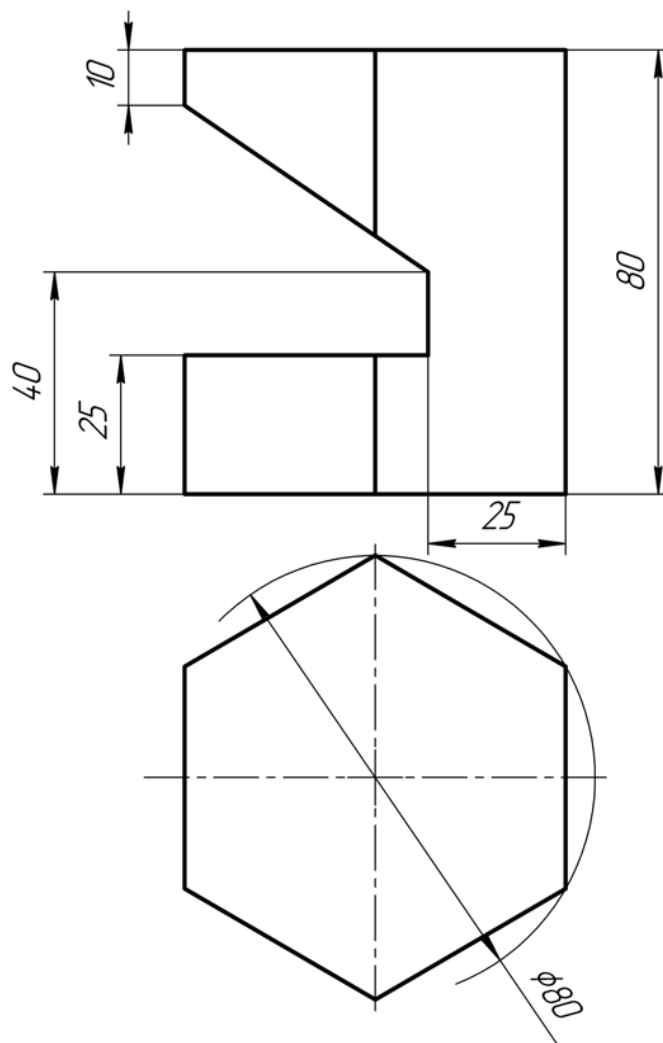
Вариант 17



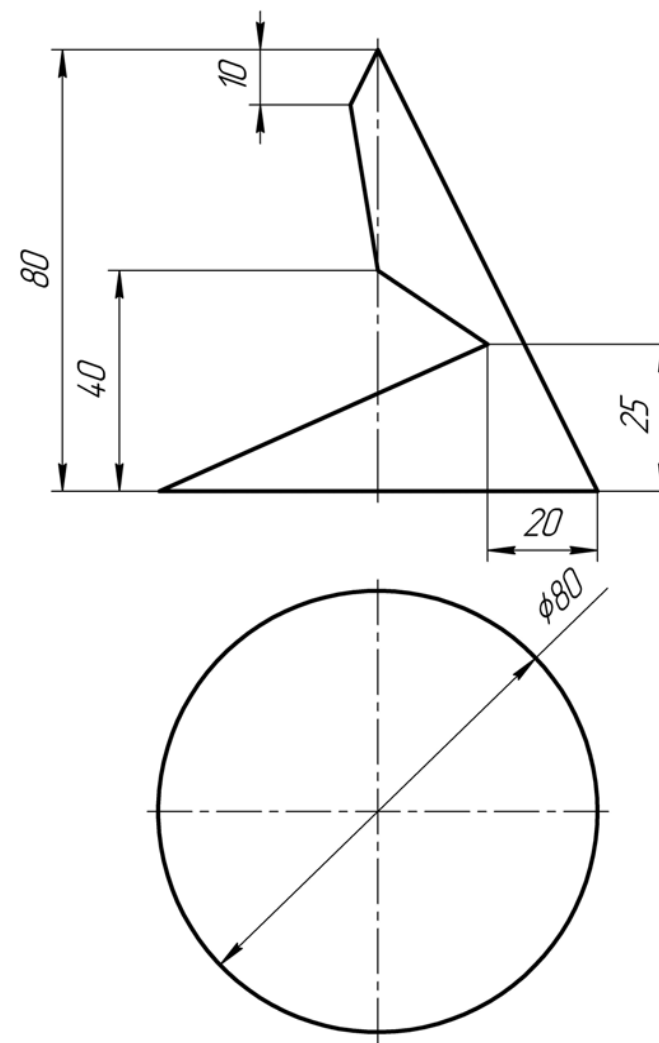
Вариант 18



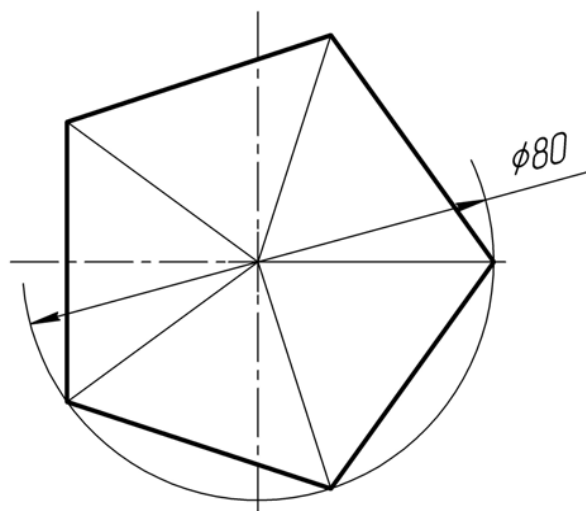
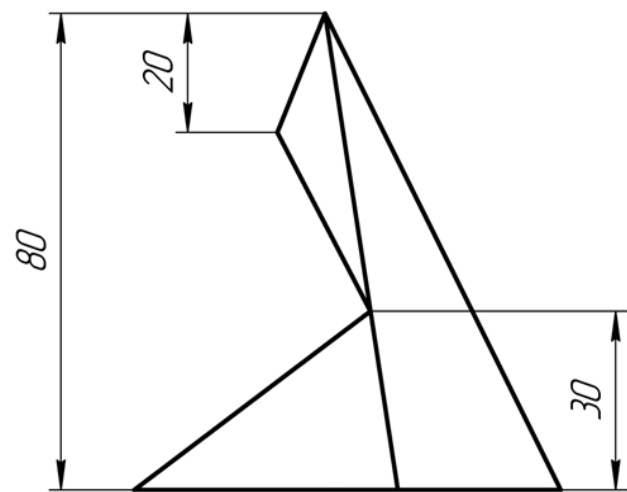
Вариант 19



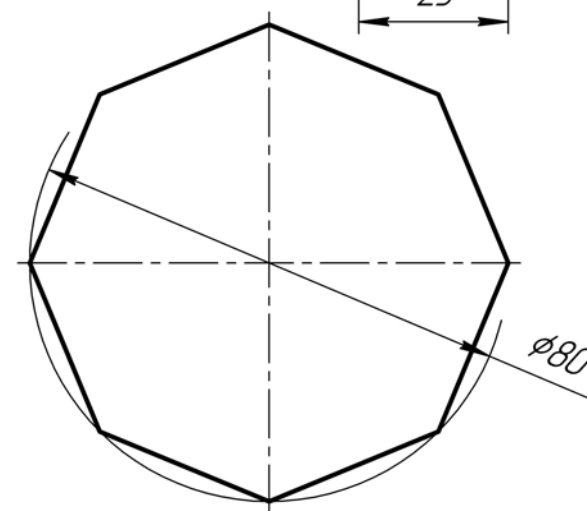
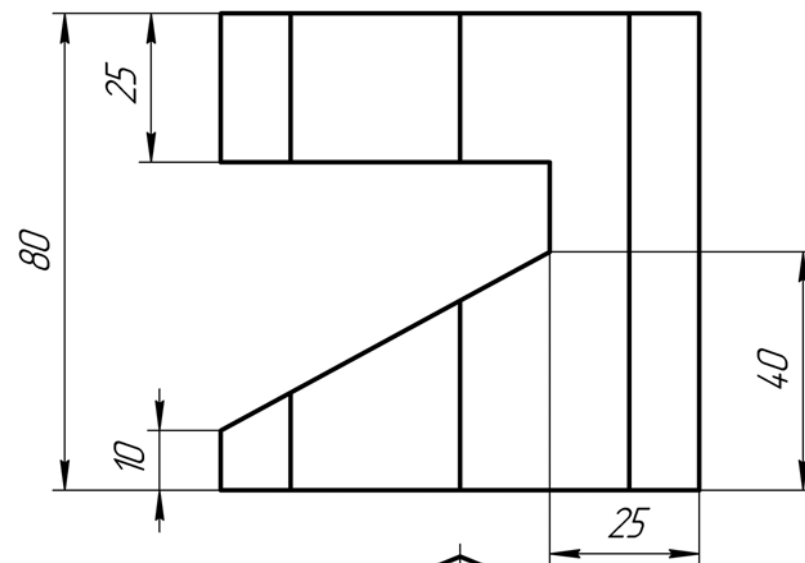
Вариант 20



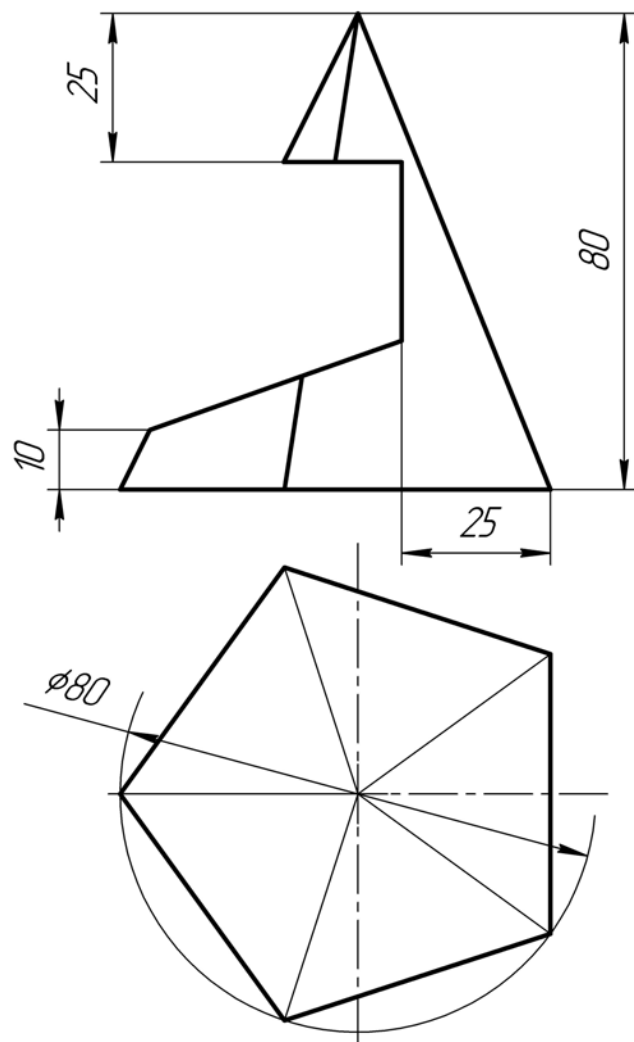
Вариант 21



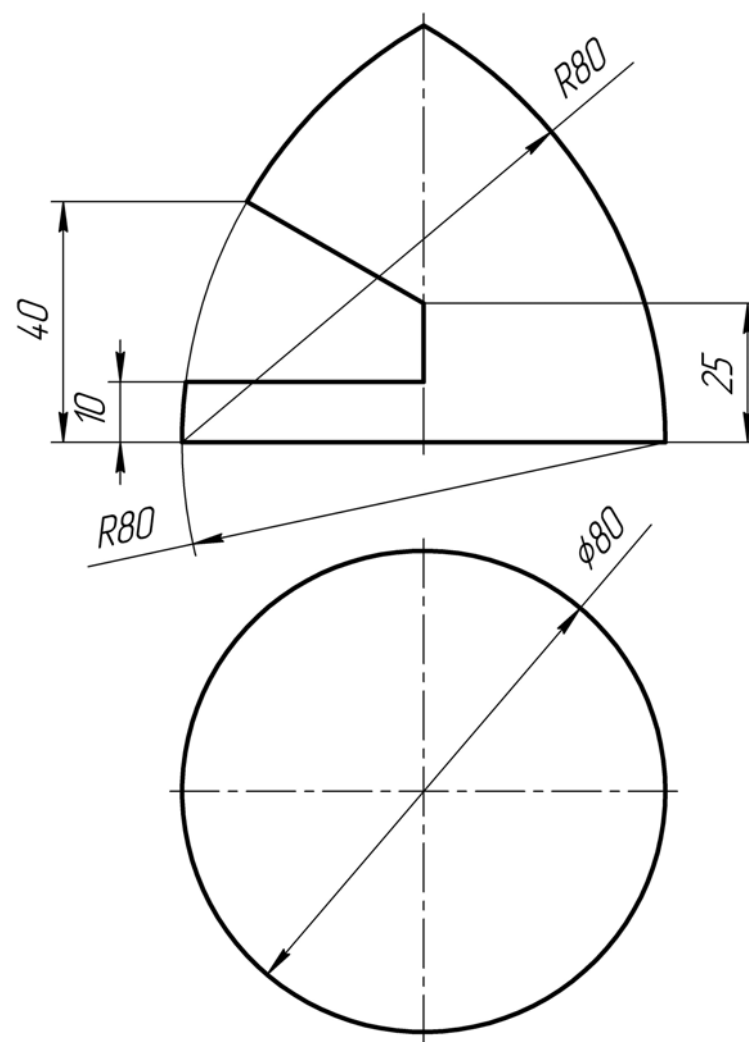
Вариант 22



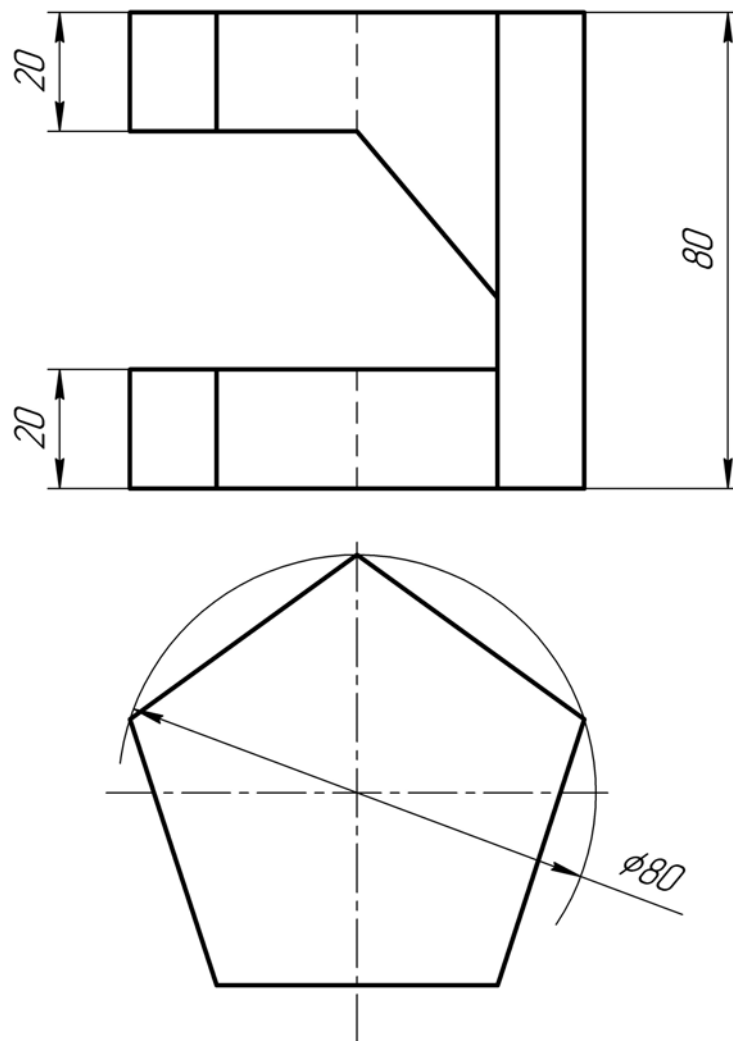
Вариант 25



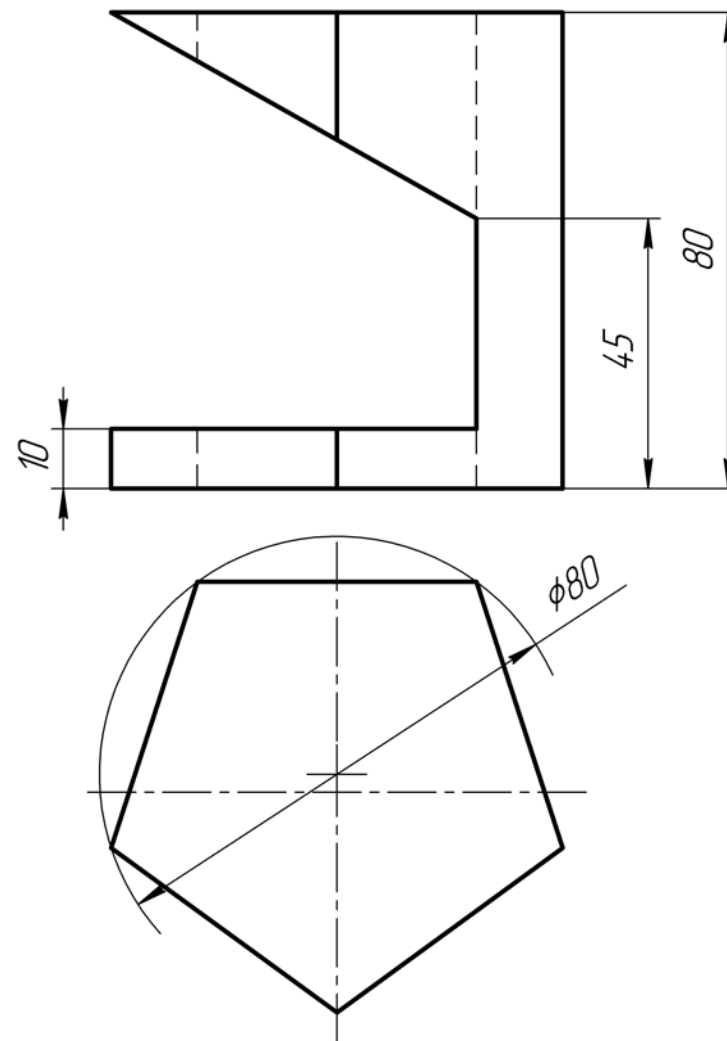
Вариант 26



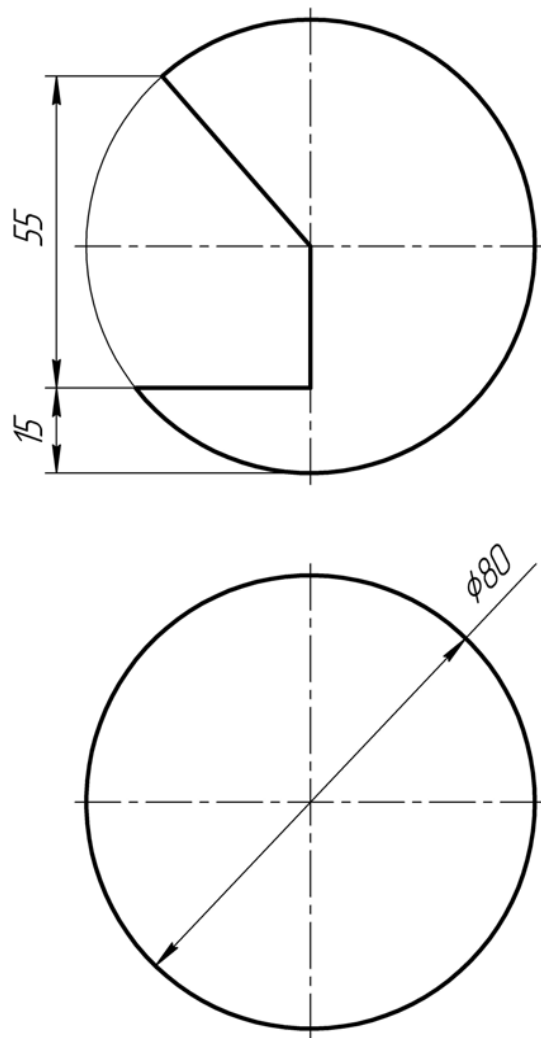
Вариант 27



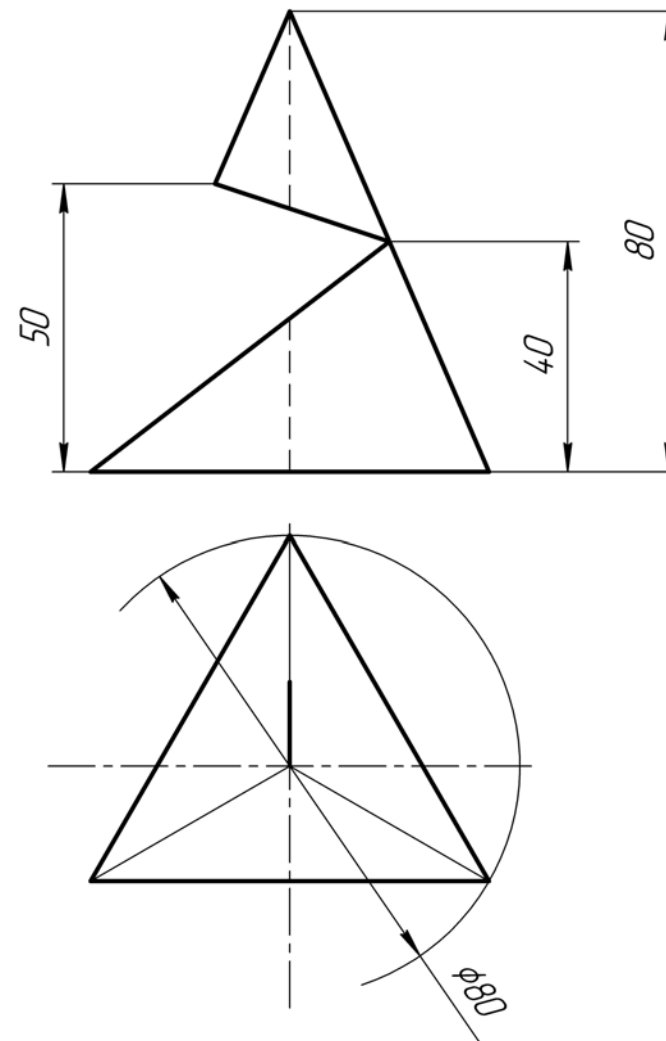
Вариант 28



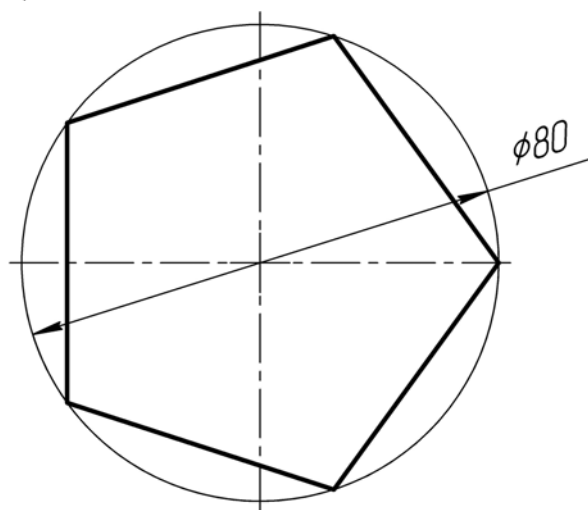
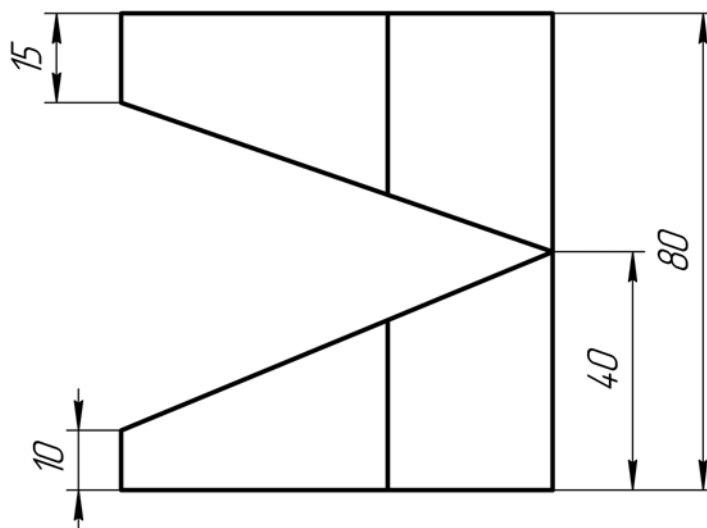
Вариант 29



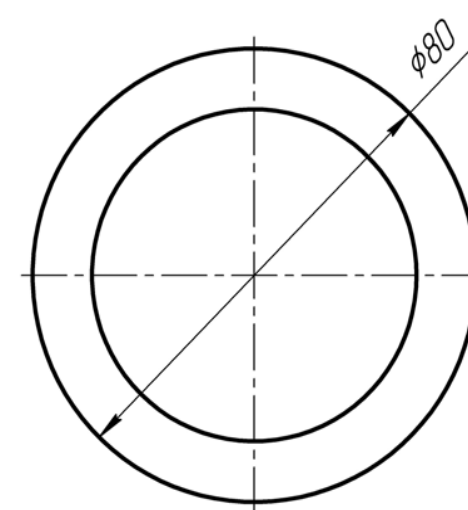
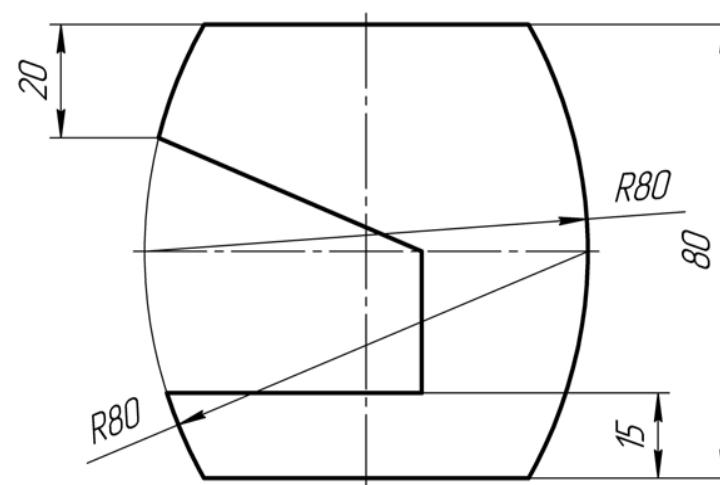
Вариант 30



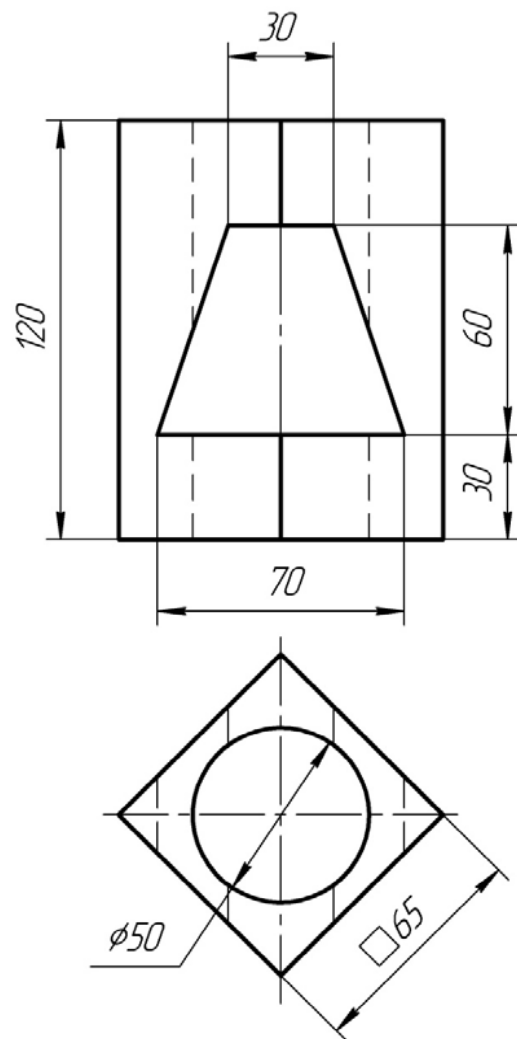
Вариант 31



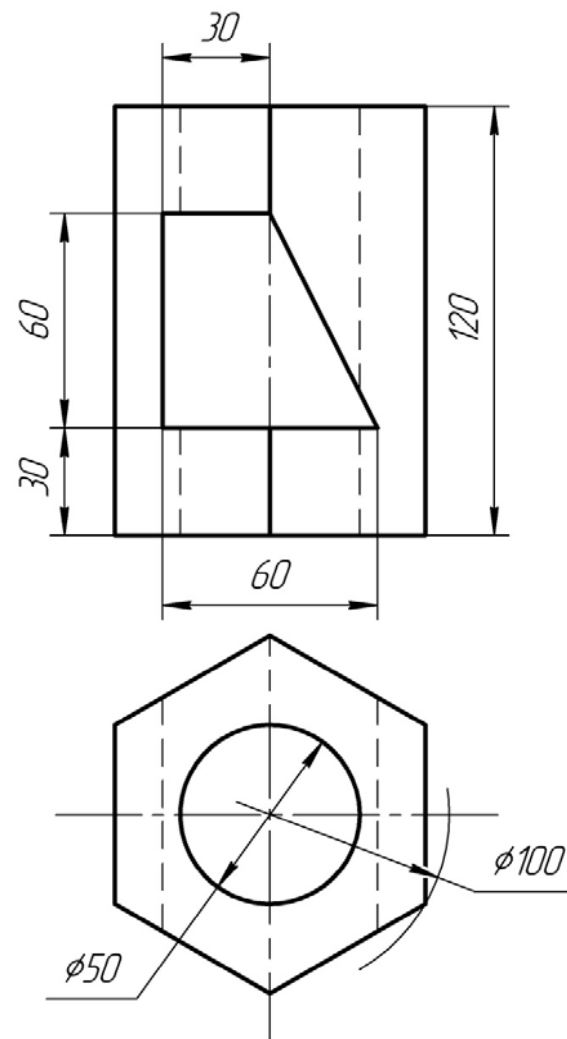
Вариант 32



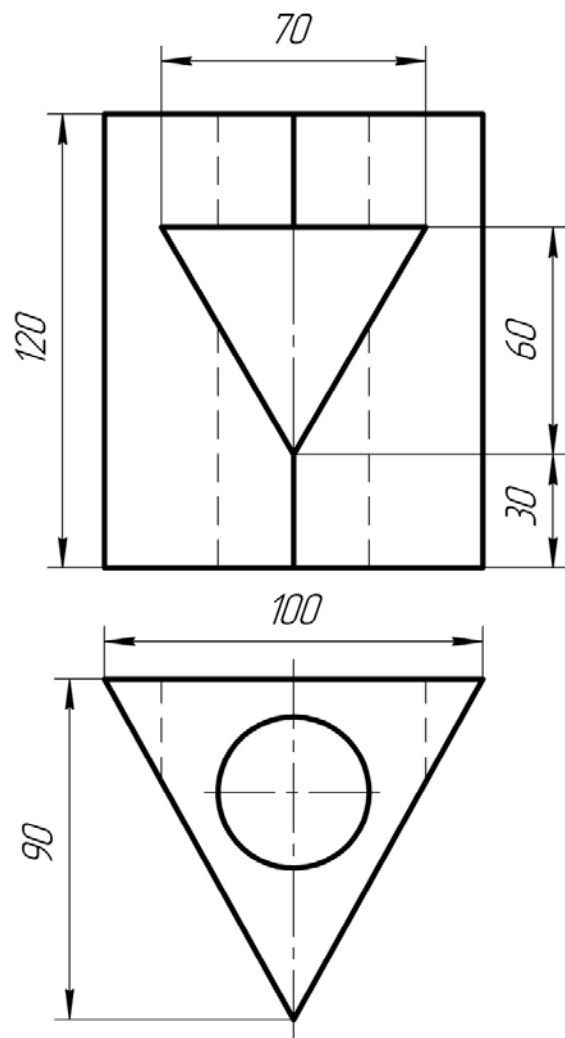
Вариант 1



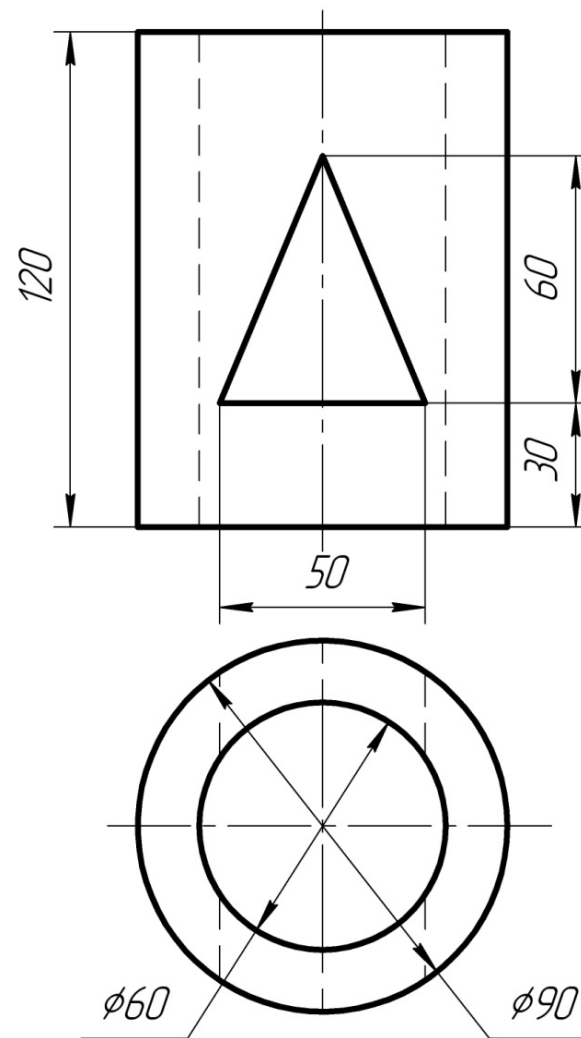
Вариант 2



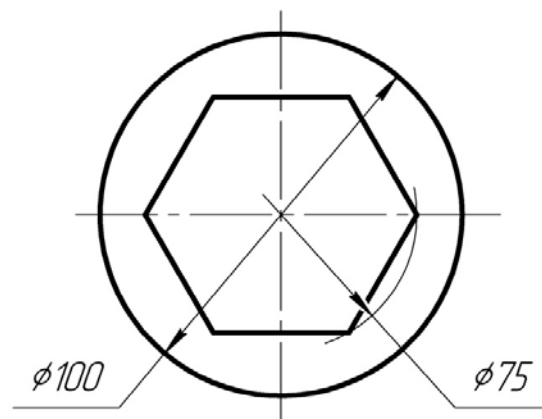
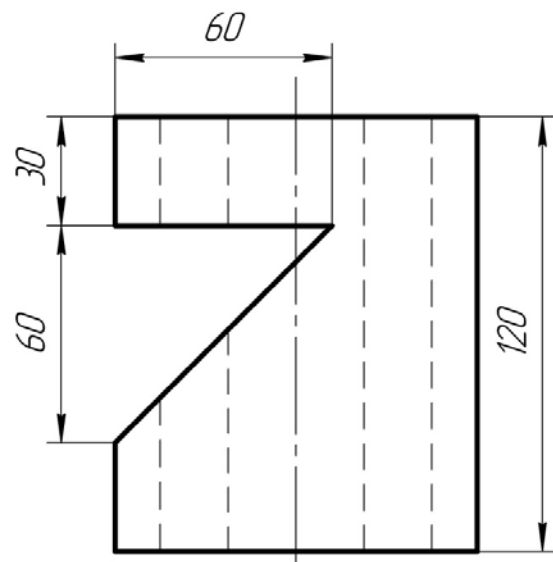
Вариант 3



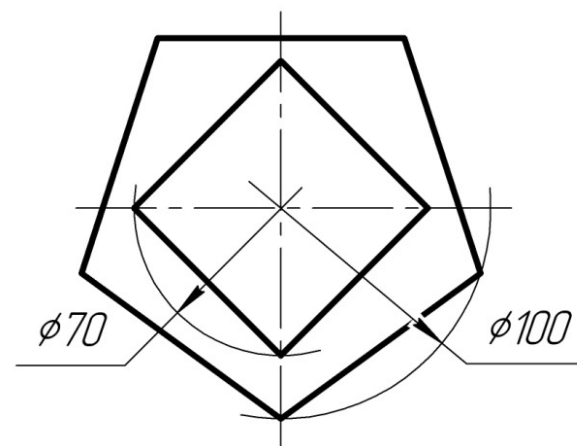
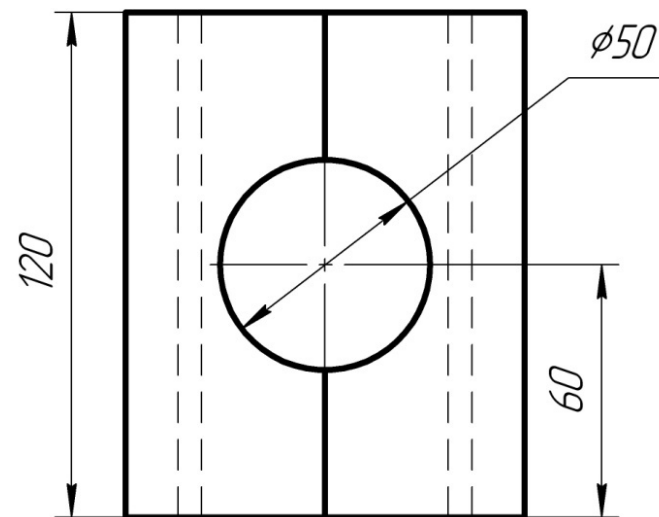
Вариант 4



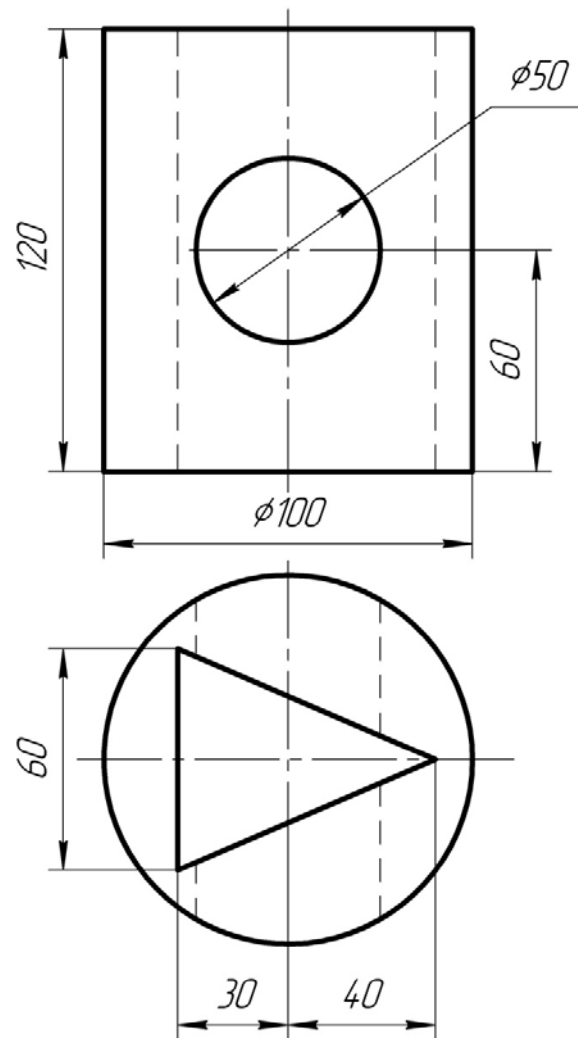
Вариант 5



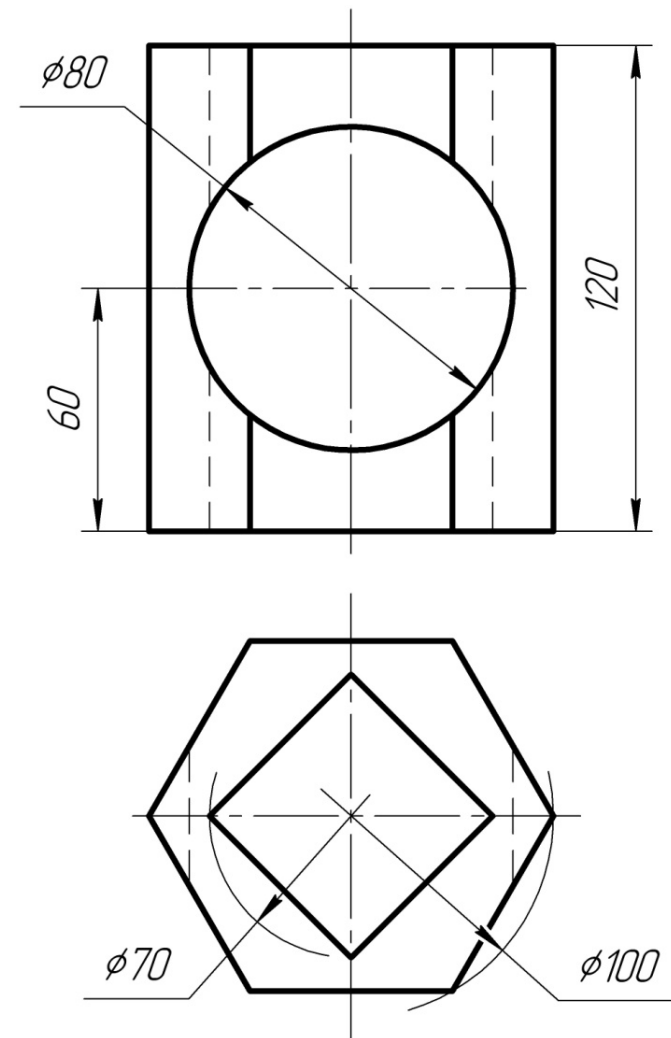
Вариант 6



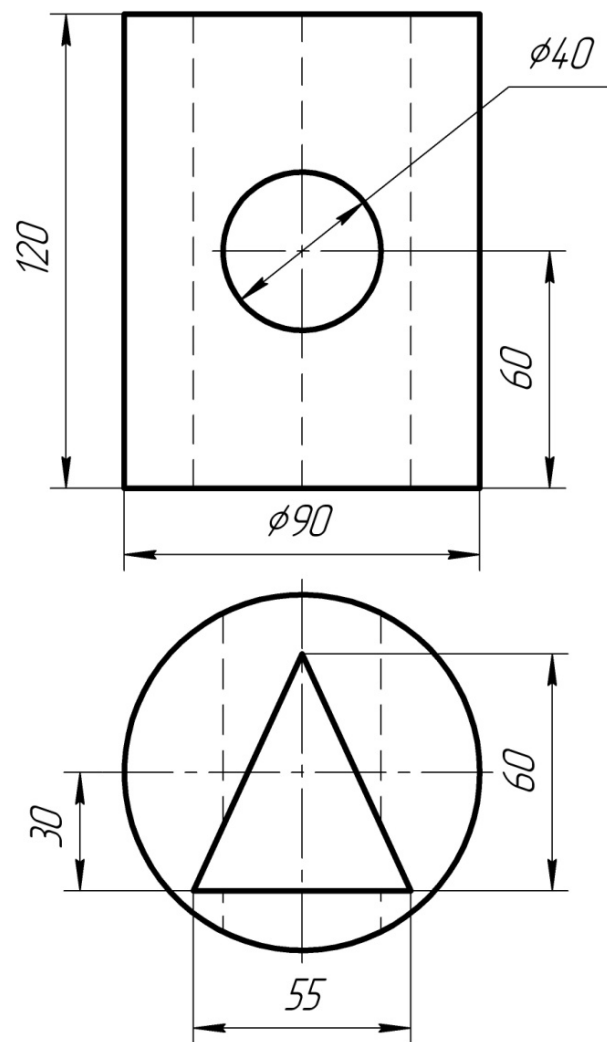
Вариант 7



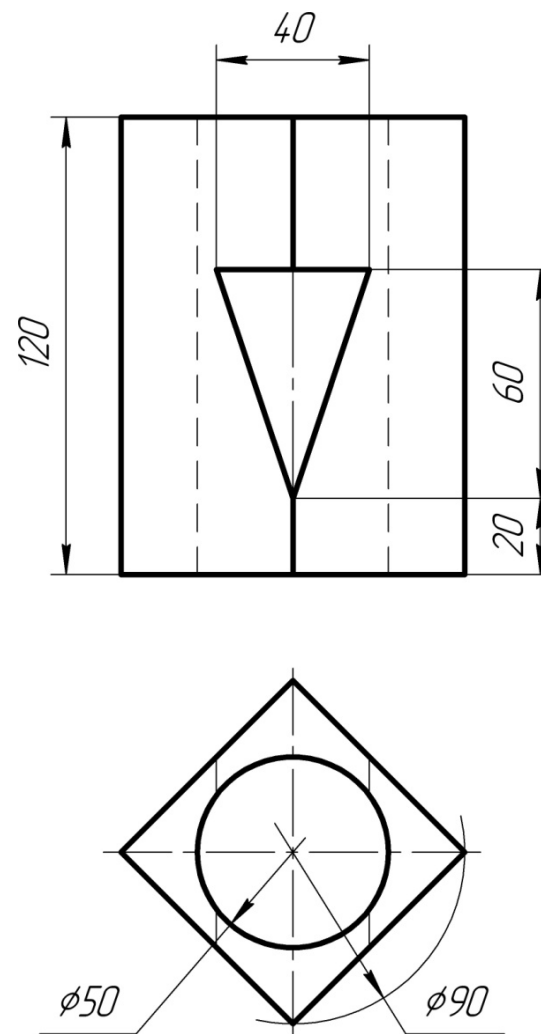
Вариант 8



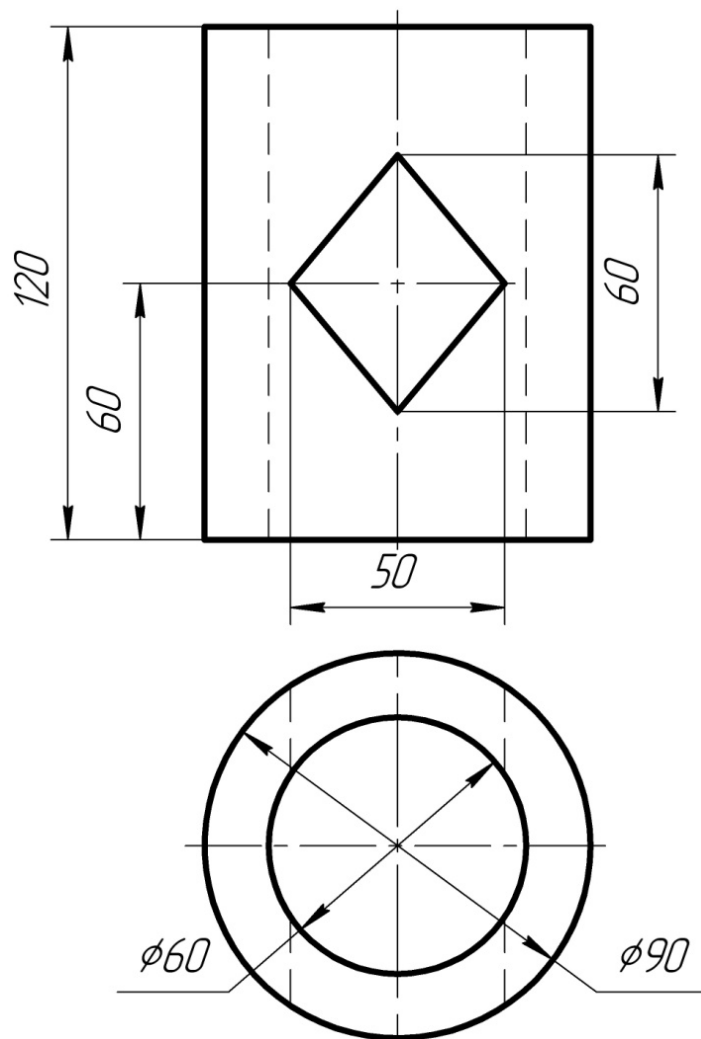
Вариант 9



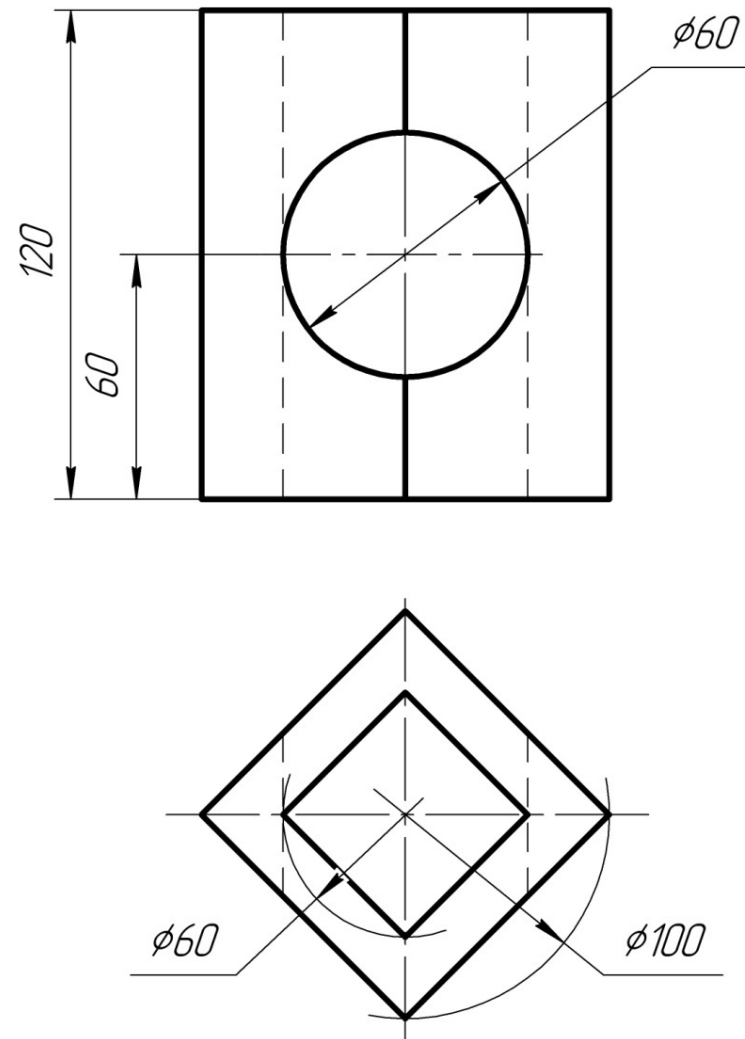
Вариант 10



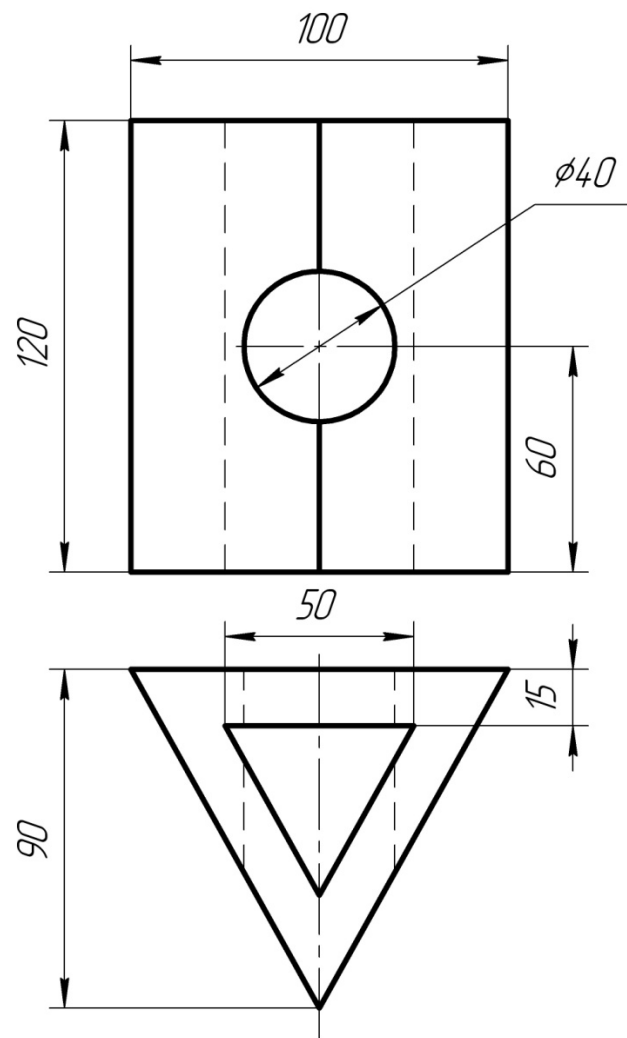
Вариант 11



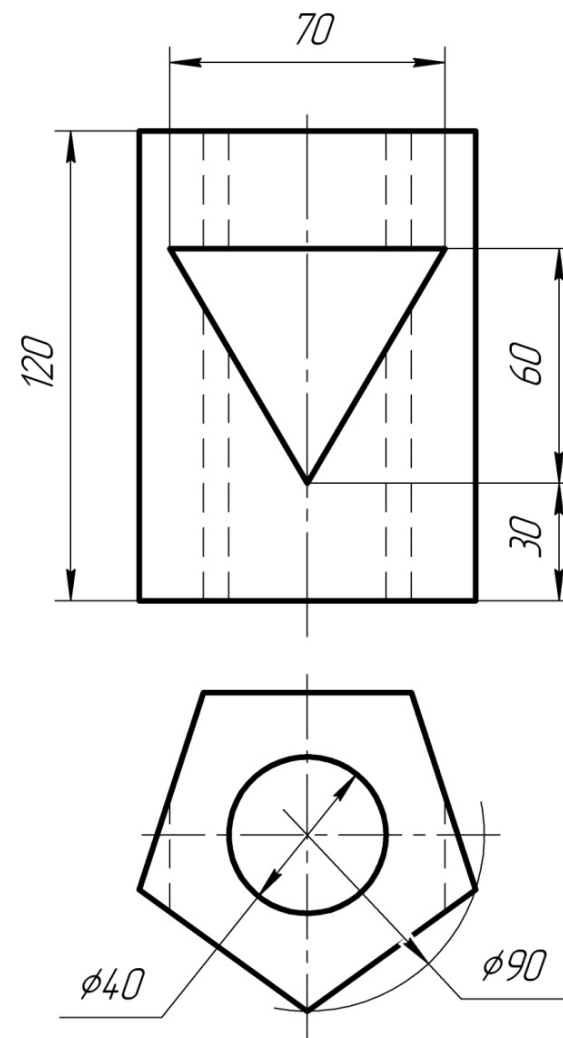
Вариант 12



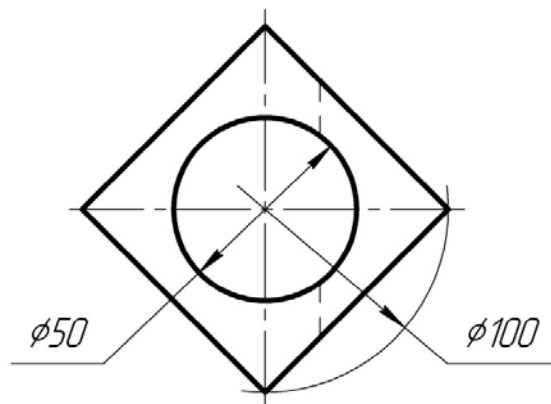
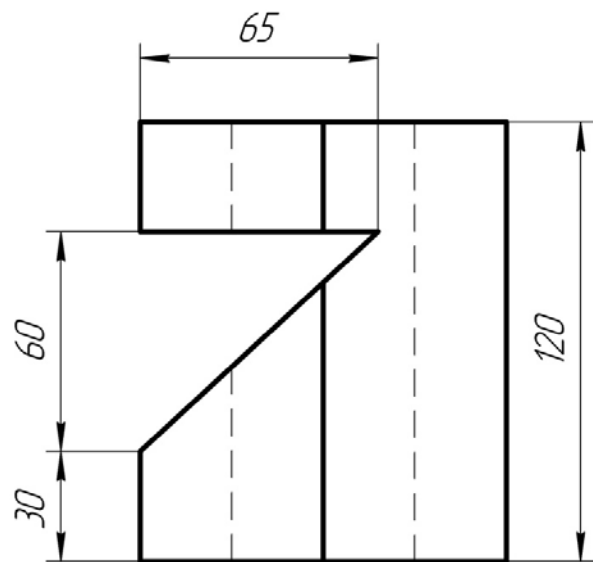
Вариант 13



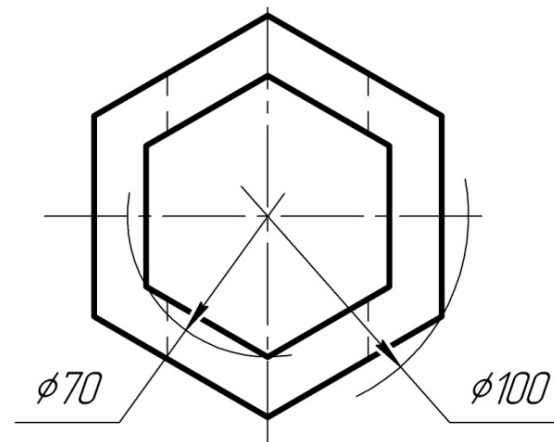
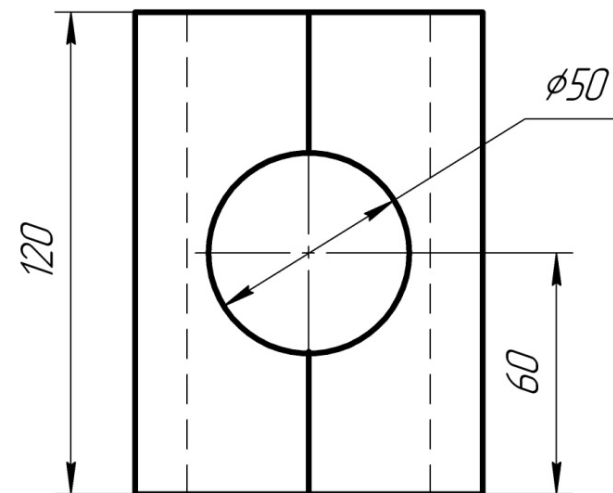
Вариант 14



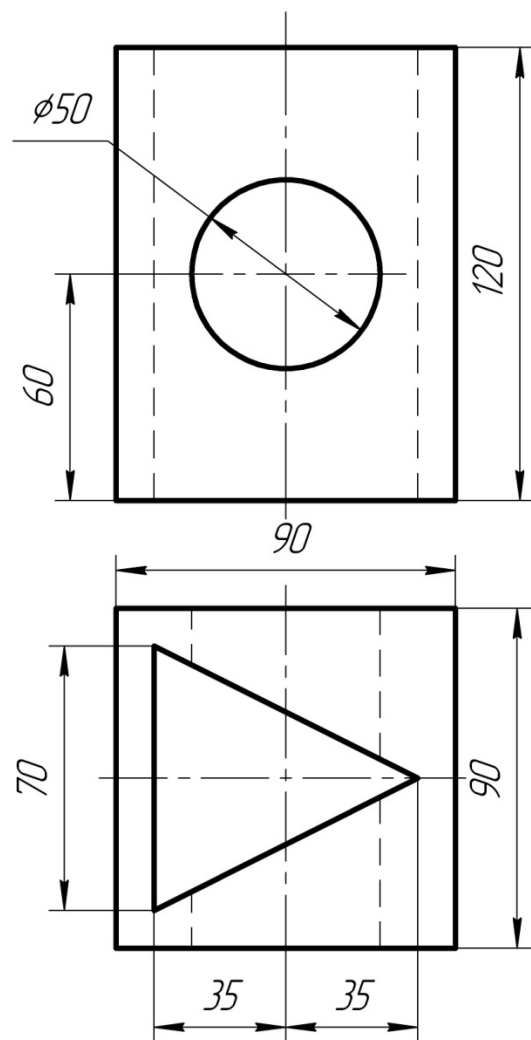
Вариант 15



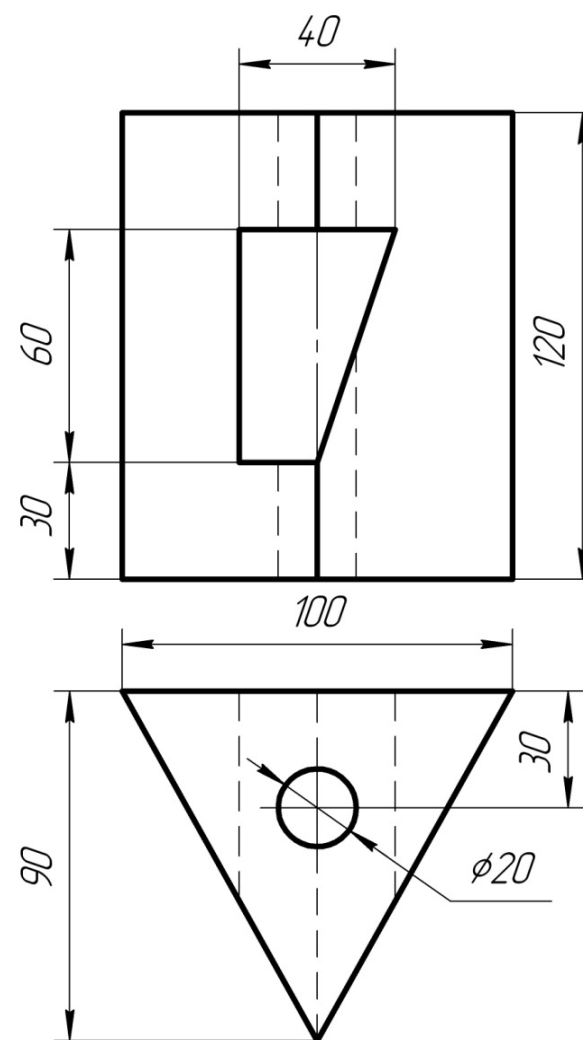
Вариант 16



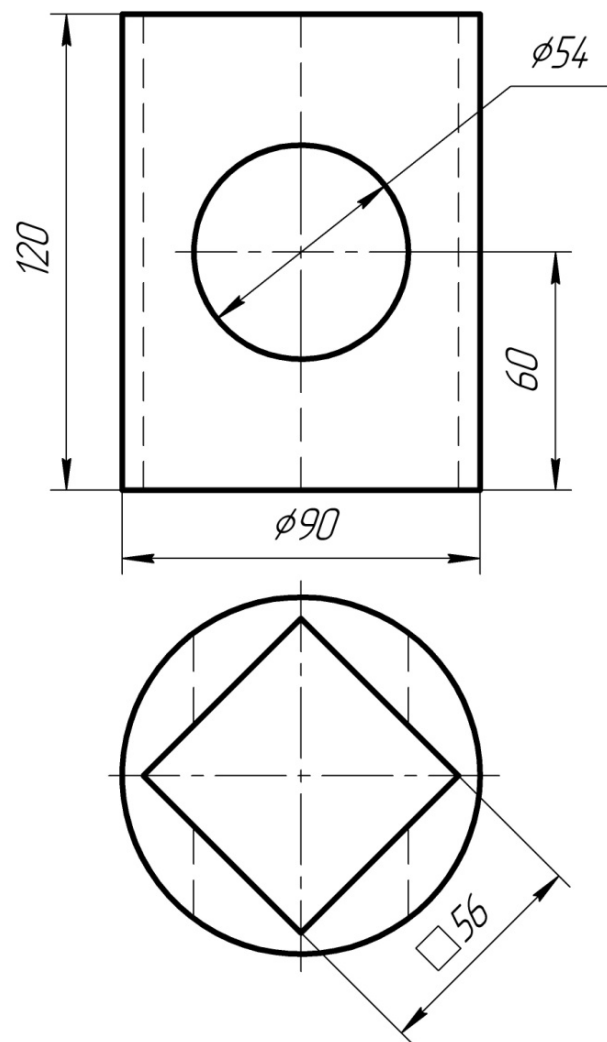
Вариант 17



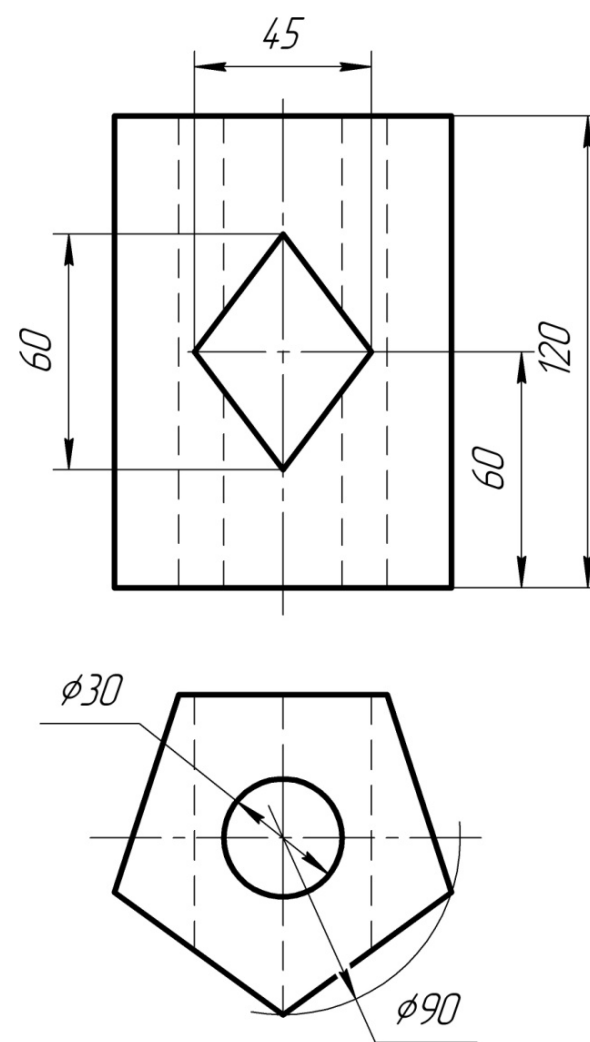
Вариант 18



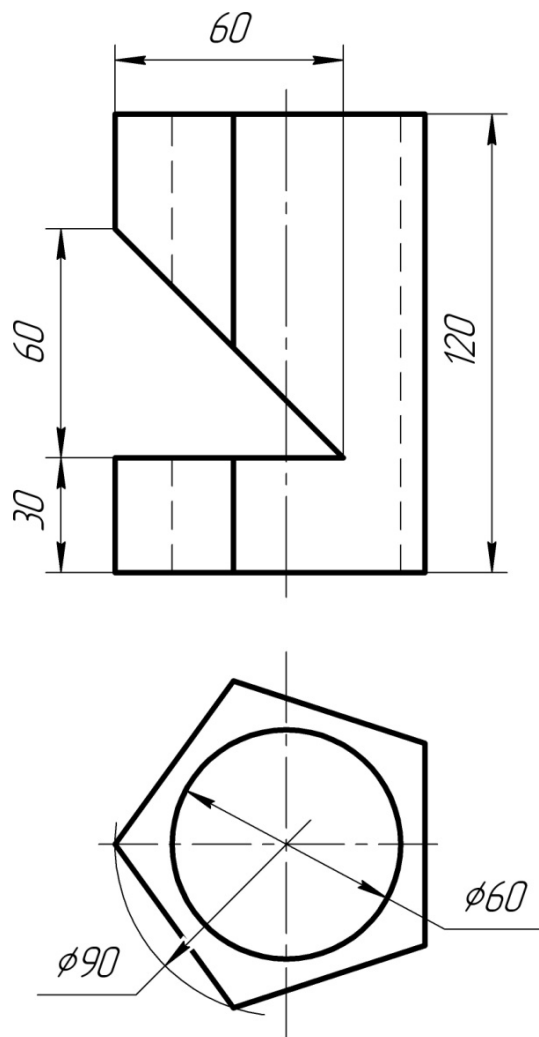
Вариант 19



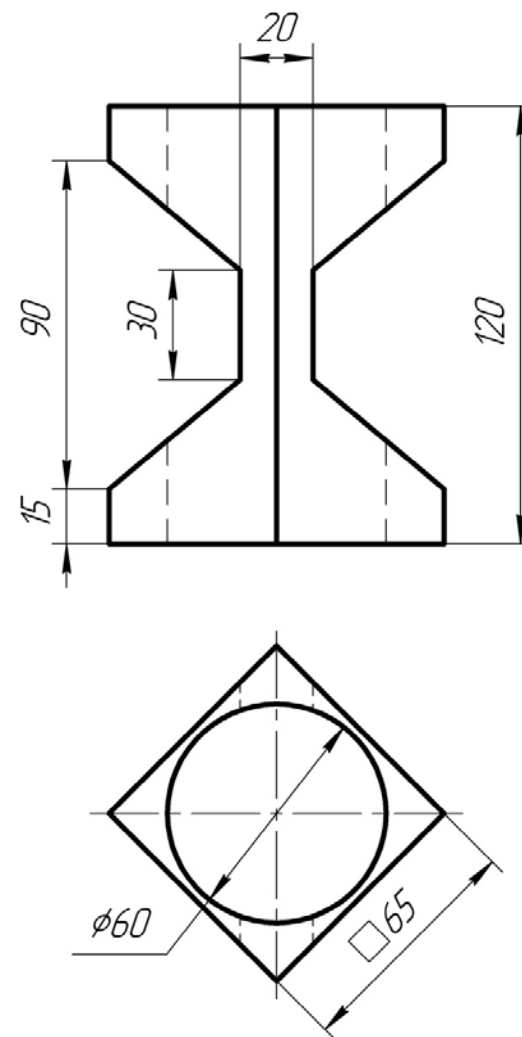
Вариант 20



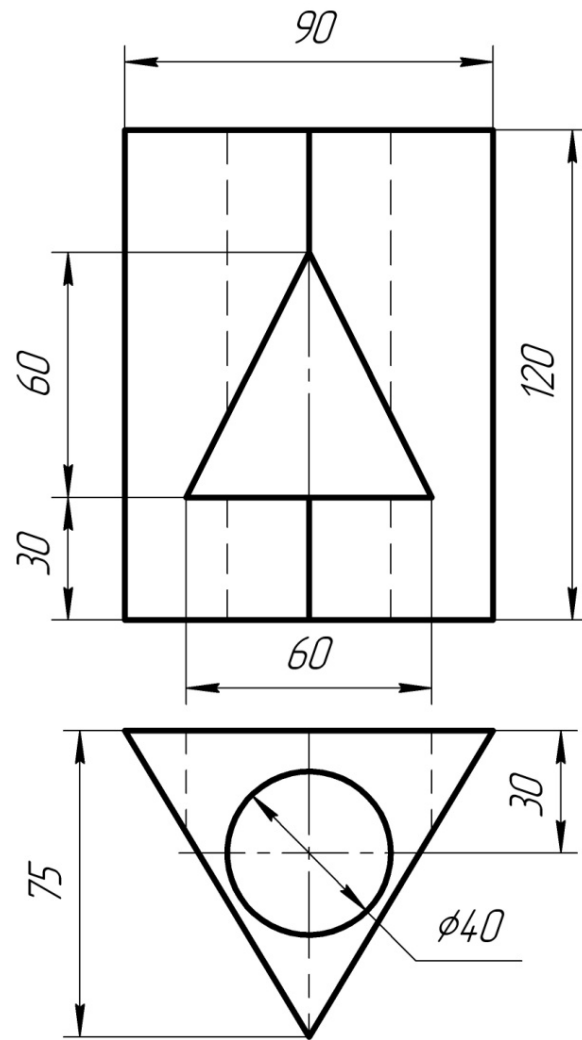
Вариант 21



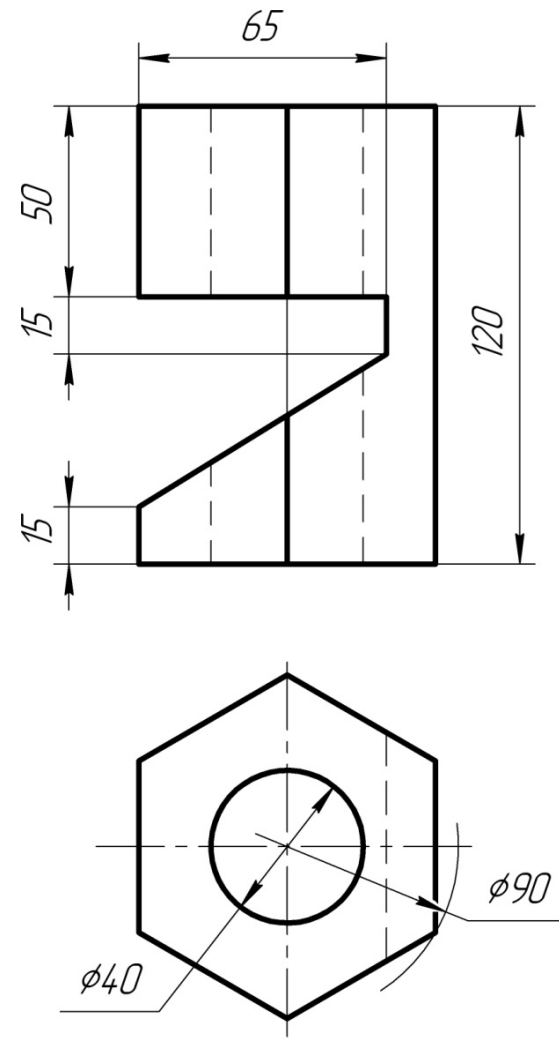
Вариант 22



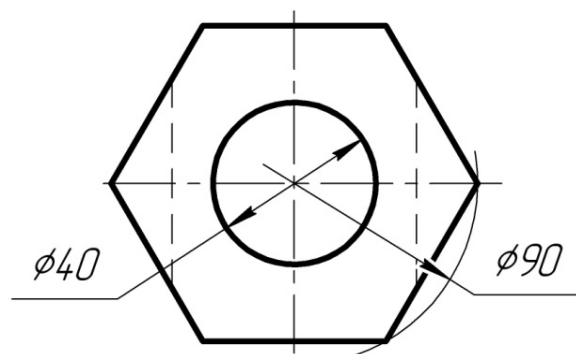
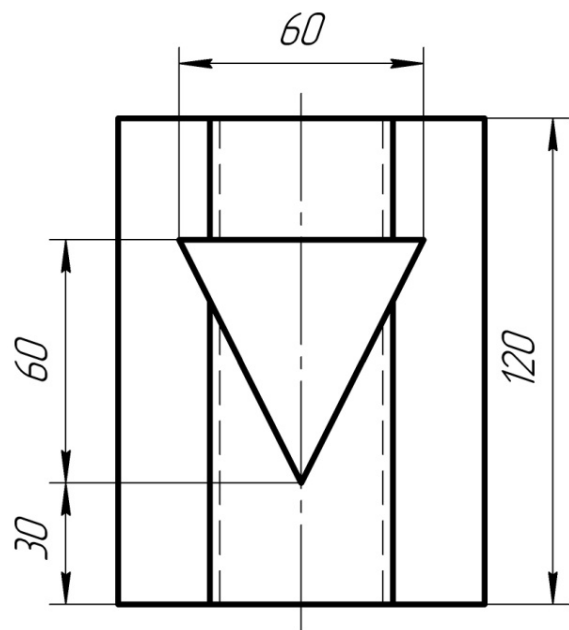
Вариант 23



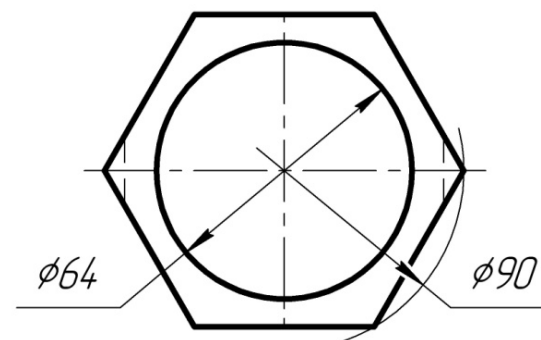
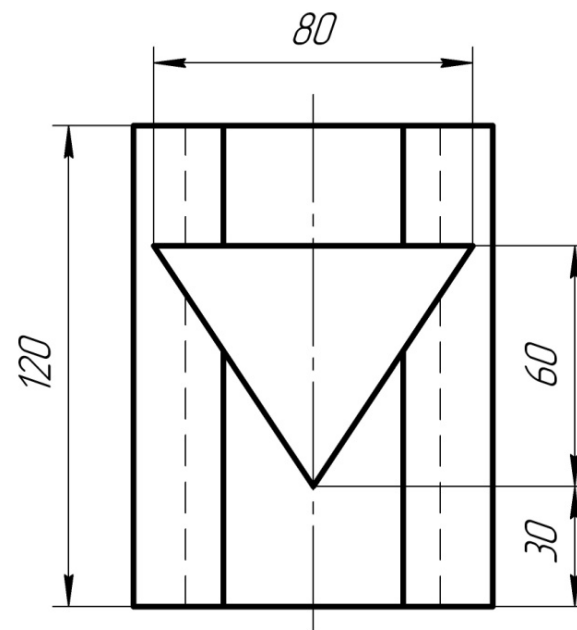
Вариант 24



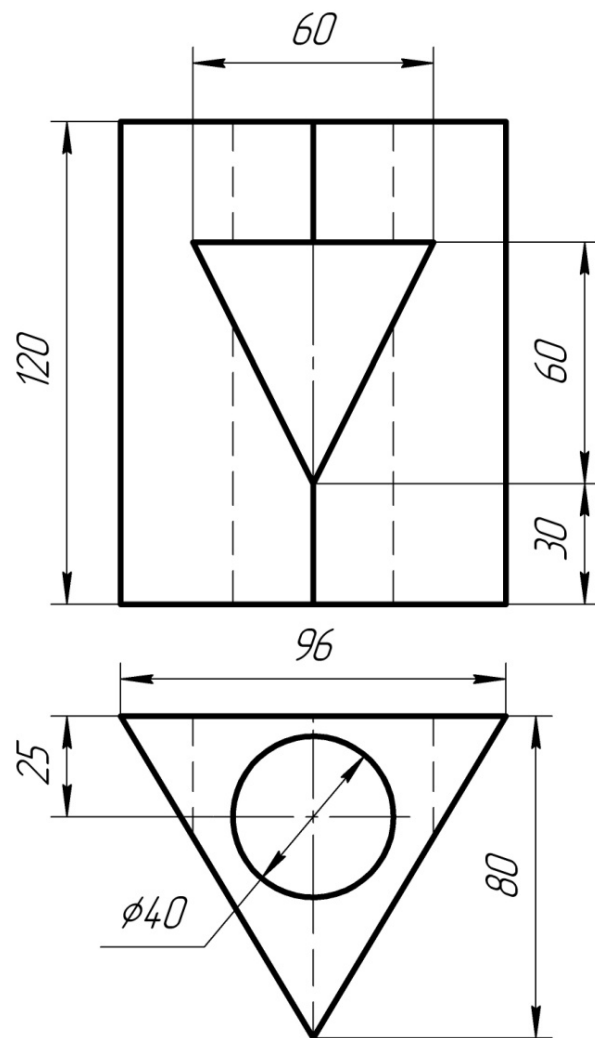
Вариант 25



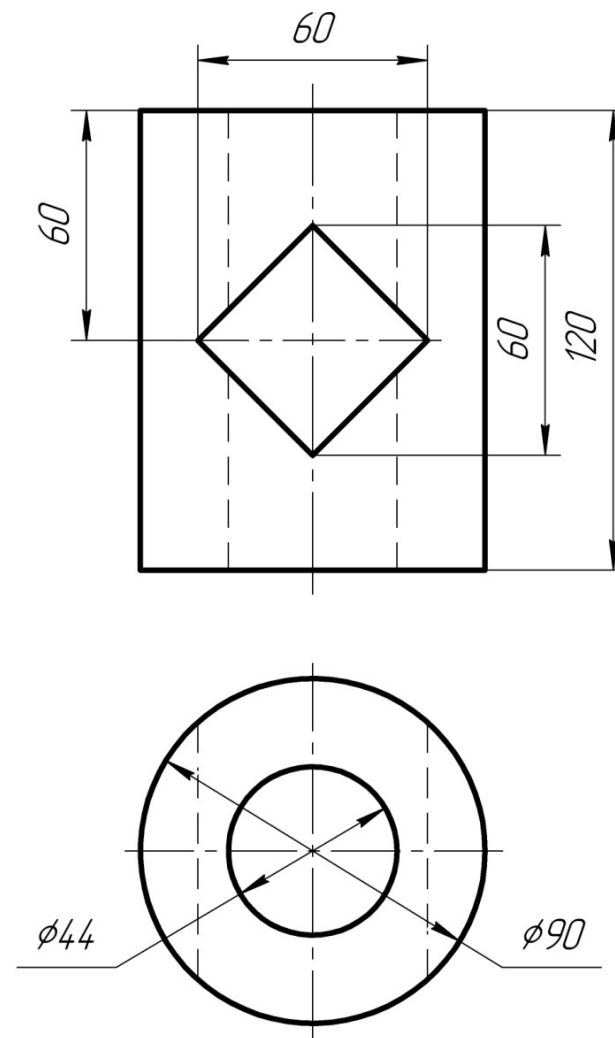
Вариант 26



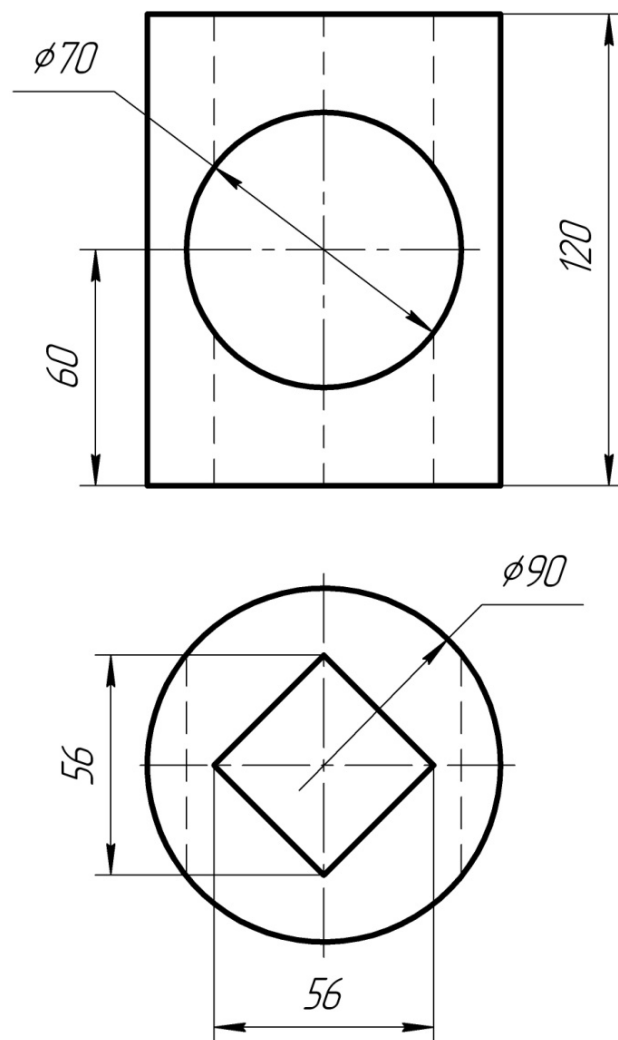
Вариант 27



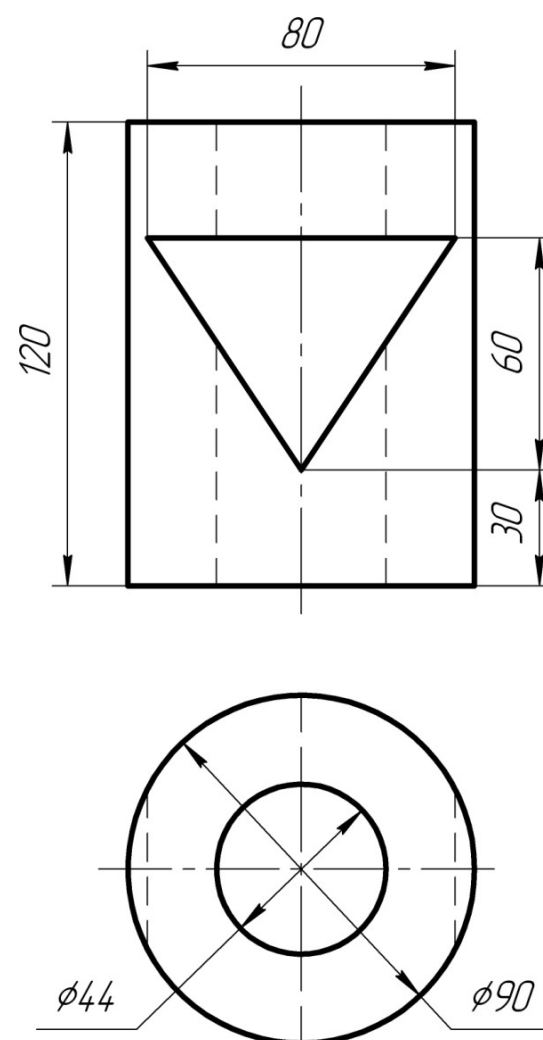
Вариант 28



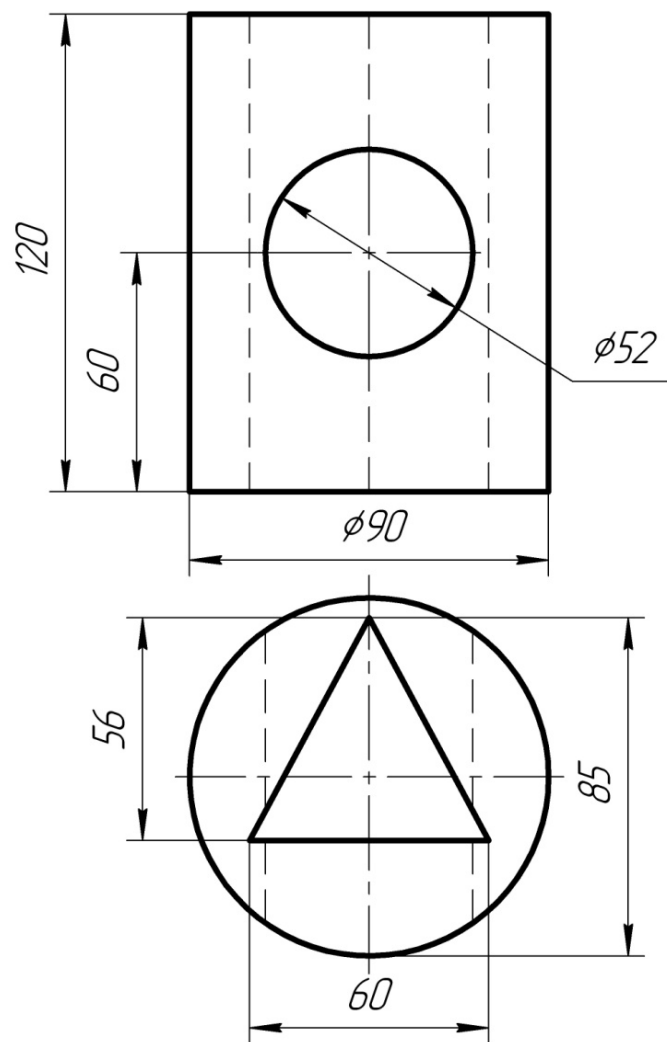
Вариант 29



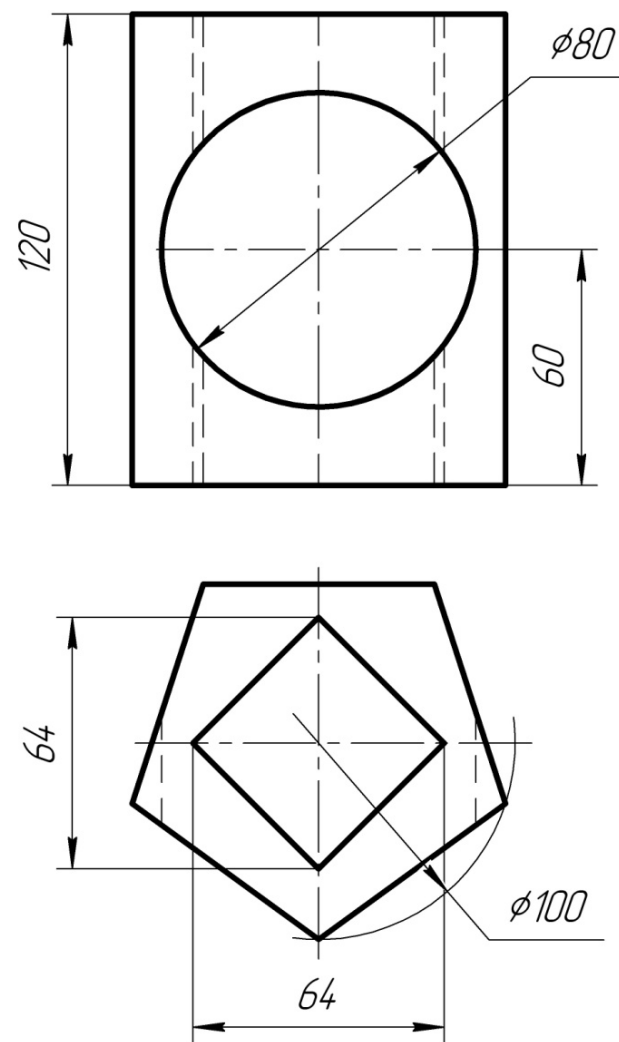
Вариант 30



Вариант 31



Вариант 32



ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ВИДЫ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И ЕЕ ОФОРМ- ЛЕНИЕ.....	4
1.1. Единая система конструкторской документации	4
1.2. Линии чертежа	4
1.3. Форматы	6
1.4. Шрифты	9
1.5. Основная надпись чертежа.....	10
1.6. Масштабы	12
2. ИЗОБРАЖЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ НА ЧЕРТЕЖАХ.....	13
2.1. Виды.....	14
2.2. Разрезы.....	21
2.3. Сечения	43
2.4. Выносные элементы.....	48
2.5. Аксонометрические проекции	49
3. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ НА ЧЕРТЕЖАХ.....	61
3.1. Общие сведения о размерах.....	61
3.2. Условные знаки и надписи при нанесении размеров.....	65
4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ	73

Учебное издание

Вилькоцкий Андрей Иванович
Жарков Николай Иванович
Бобровский Сергей Эдуардович

ИНЖЕНЕРНАЯ И МАШИННАЯ ГРАФИКА

Учебно-методическое пособие

Редактор *О. П. Соломевич*
Компьютерная верстка *Д. С. Семижен*

Подписано в печать 12.11.2009. Формат 60×84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 13,7. Уч.-изд. л. 14,4.
Тираж 500 экз. Заказ .

Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет».
220006. Минск, Свердлова, 13а.
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.

Отпечатано в лаборатории полиграфии учреждения образования
«Белорусский государственный технологический университет».
220006. Минск, Свердлова, 13.
ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.